



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



DOUGLAS VIEIRA GOIS

**DINÂMICA FITOGEOGRÁFICA E
SUSCETIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO NO
MUNICÍPIO DE POÇO REDONDO - SE**

Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos
São Cristóvão/SE
2016

DOUGLAS VIEIRA GOIS

**DINÂMICA FITOGEOGRÁFICA E SUSCETIBILIDADE À
DESERTIFICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE POÇO REDONDO - SE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Geografia da Universidade Federal de Sergipe (UFS),
sob orientação da Prof.^a Dr.^a Rosemeri Melo e Souza.

Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos
São Cristóvão/SE
2016

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

G616d Gois, Douglas Vieira
Dinâmica fitogeográfica e suscetibilidade à desertificação no
município de Poço Redondo - SE / Douglas Vieira Gois ;
orientadora Rosemeri Melo e Souza. – São Cristóvão, 2016.
167 f. : il.

Dissertação (mestrado em Geografia) – Universidade Federal
de Sergipe, 2016.

1. Geografia ambiental. 2. Desertificação – Porto Redondo (SE).
3. Degradação ambiental. 4. Fitogeografia. I. Souza, Rosemeri Melo
e, orient. II. Título.

CDU 911.2:504.123(813.7)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGeo

Douglas Vieira Gois

DINÂMICA FITOGEOGRÁFICA E SUSCETIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO NO
MUNICÍPIO DE POÇO REDONDO - SE

Dissertação de Mestrado em Geografia

BANCA EXAMINADORA:

Dr.^a Rosemeri Melo e Souza (Orientadora)
Universidade Federal de Sergipe

Dr.^a Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto (Membro
Interno) Universidade Federal de Sergipe

Dr.^a Daniela Pinheiro Bitencurti Ruiz-Esparza (Membro
Externo) Universidade Federal de Sergipe

Dr.^a Marcia Eliane Silva Carvalho (Membro Externo)
Universidade Federal de Sergipe

São Cristóvão –SE, __/____/2016.

AGRADECIMENTOS

“O que eu sou, eu sou em par. Não cheguei sozinho”. (Lenine, Castanho)

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por sempre me conceder forças para seguir em frente, em busca dos meus objetivos.

Aos meus pais, Edivaldo Oliveira de Gois e Rosa Maria Vieira Gois, que sempre fizeram o possível e o impossível para proporcionar uma educação de qualidade, que eu possa retribuir toda essa dedicação. Minha irmã, pelo carinho e incentivo de sempre, para mim um exemplo de determinação, essa vitória é da nossa família!

Aos professores que aceitaram participar da avaliação e, por conseguinte, construção desse trabalho, Bartolomeu, Marcia, Josefa, Daniela. De modo especial à prof.^a Josefa Eliane, que acompanhou minha formação desde o primeiro período da graduação.

À minha orientadora prof.^a Rosemeri Melo e Souza, por todos os ensinamentos, tanto acadêmicos como para a vida, por sempre acreditar em mim, até quando eu mesmo não acreditava. Muito obrigado por tudo, serei eternamente grato.

À amiga Heloísa Thais Rodrigues de Souza, pessoa com quem pude aprender a pesquisar desde a Iniciação Científica, obrigado pela parceria na pesquisa e na vida. Esse agradecimento é extensivo à sua família que sempre me apoiou e torceu por minhas conquistas.

Aos amigos da graduação, Aline Santos, Luana Lima e Edson Barbosa, pessoas especiais com quem compartilhei angústias e alegrias nos anos de graduação. Apesar do distanciamento advindo das rotinas individuais, sou eternamente grato por nossa amizade.

Agradeço aos amigos da Iniciação Científica, Vinicius, Edson, Levison e Wandison, pessoas que partilharam conhecimentos e, sobretudo momentos de descontração cotidiana no laboratório do GEOPLAN.

Aos membros do GEOPLAN. De modo particular a Jailton, Anízia, Anézia, Eline, Alberlene, Renata, Sindiany, obrigado pela ajuda e torcida de vocês. De modo especial, agradeço a Felipe Pessoa pela presteza e ensinamentos na área de geoprocessamento.

Ao pessoal do PRODEMA, sempre ajudando quando solicitados, em especial a Val. Os motoristas lotados no PRODEMA, Amaral, Paulo Pita, João Batista e Ancrisio, obrigado pelas ajudas nos trabalhos de campo, que sempre foram além de vossas atribuições profissionais. Muito Obrigado!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esboço de uma definição teórica de Geossistema.	14
Figura 2- Áreas afetadas pelos processos de desertificação no Nordeste do Brasil e no estado de Sergipe.....	36
Figura 3- Localização do município de Poço Redondo-Sergipe.	49
Figura 4- Assentamentos de Reforma Agrária localizados no município de Poço Redondo-Sergipe. .	51
Figura 5- Representação gráfica completa do balanço hídrico climatológico do município de Poço Redondo-1910-2010.....	53
Figura 6- Formações vegetais localizadas no município de Poço Redondo-Sergipe.	56
Figura 7 - Representação esquemática dos sistemas meteorológicos atuantes no NEB.	61
Figura 8- Divisão Climática e massas de ar atuantes no estado de Sergipe.	67
Figura 9- Climograma Pluviosidades e Temperaturas Médias Mensais - (Poço Redondo-SE): 1963-2010.....	68
Figura 10- Distribuição das Isoietas no município de Poço Redondo-SE.....	69
Figura 11- Porcentagens de meses-padrão durante os anos no período histórico de 1963-2013.	71
Figura 12- Gráfico de Correlação entre ocorrências de El Niño e Totais Pluviométricos anuais (Poço Redondo-SE) - 1980-2010.	72
Figura 13- Classes de solos no município de Poço Redondo-SE.....	74
Figura 14- Formações geológicas do município de Poço Redondo-SE.	78
Figura 15- Unidades geomorfológicas no município de Poço Redondo-SE.	82
Figura 16- Hidrografia do município de Poço Redondo-SE.	84
Figura 17- Fluxograma representativo dos procedimentos metodológicos.....	89
Figura 18- Evolução da População Urbana e Rural do Município de Poço Redondo.....	106
Figura 19- Taxa de analfabetismo - 15 anos ou mais no município de Poço Redondo.....	107
Figura 20- Evolução da média do IDH-M de Poço Redondo.	108
Figura 21– Evolução da quantidade de famílias inscritas no Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico) no município de Poço Redondo- 2006 a 2014.....	109
Figura 22- Evolução da população total economicamente ativa (PEA) no município de Poço Redondo.	110
Figura 23- Evolução da Renda per capita total do município de Poço Redondo.	111

Figura 24- Número Total e área dos Estabelecimentos Agropecuários no município de Poço Redondo.	112
Figura 25- Área colhida na lavoura temporária no município de Poço Redondo.	113
Figura 26- Evolução do Pessoal Ocupado na Agropecuária no município de Poço Redondo.	114
Figura 27- Evolução do número de bovinos e caprinos no município de Poço Redondo.	114
Figura 28 - Evolução do número de muares no município de Poço Redondo.	115
Figura 29- Média da carga animal do município de Poço Redondo.	116
Figura 30- Produção de leite no município de Poço Redondo.	116
Figura 31- Evolução dos totais dos valores da produção agropecuária de lavouras temporárias no município de Poço Redondo.	117
Figura 32- Evolução da Área das Pastagens Naturais em hectares no município de Poço Redondo..	118
Figura 33- Evolução da Área das Pastagens Plantadas em hectares no município de Poço Redondo.	118
Figura 34- Produção de Carvão Vegetal no município de Poço Redondo.	119
Figura 35- Uso e Cobertura do Solo no município de Poço Redondo, no ano de 2016.	120
Figura 36- Área das classes de uso e ocupação do solo no município de Poço Redondo.	121
Figura 37- Formação de dossel da Caatinga Arbórea no Monumento Natural Grota do Angico-Poço Redondo-Sergipe (Período úmido).	122
Figura 38 - A- Área de queimadas no município de Poço Redondo-Sergipe (Período seco). B- Área de pastagem no município de Poço Redondo-Sergipe (Período seco).	122
Figura 39- Formação de Caatinga Arbustiva no Monumento Natural Grota do Angico-Poço Redondo-Sergipe (Período seco).	123
Figura 40- Área de agricultura irrigada no município de Poço Redondo-Sergipe (Período seco).	124
Figura 41- Área das classes de NDVI no município de Poço Redondo, 1987-2015.	126
Figura 42- Dinâmica interanual do NDVI no município de Poço Redondo, no ano de 1987.	127
Figura 43- Dinâmica interanual do NDVI no município de Poço Redondo, no ano de 2015.	128
Figura 44- Mapa Global de Suscetibilidade à Desertificação no município de Poço Redondo, no ano de 2016.	132
Figura 45- Área dos níveis de suscetibilidade à desertificação no município de Poço Redondo.	133
Figura 46- Mosaico representativo da relação entre os aspectos litológicos e fitogeográficos em área de Muito Alta suscetibilidade à desertificação no Município de Poço Redondo-SE.	134

LISTA DE TABELAS

Tabela1 - Sergipe – Número de assentamentos rurais, famílias e área por municípios e território -2011.	50
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Modalidades de Desertificação.	26
Quadro2-Indicadores de desertificação propostos por Vasconcelos Sobrinho (1978)	42
Quadro3-Indicadores de Desertificação propostos por Matallo Júnior (1999e 2001)	43
Quadro 4-Indicadores de Desertificação consensuados em Brasil (2004).	44
Quadro 5- Classificação dos meses e anos - padrões secos, habituais e chuvosos no município de Poço Redondo-SE.....	84
Quadro 6- Matriz de peso dos Indicadores ambientais.....	118
Quadro 7- Correlação entre classes de suscetibilidade, solos e NDVI.....	148

LISTA DE SIGLAS

ASAN- Atlântico Norte

ASAS- Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

ASD- Áreas Susceptíveis à Desertificação –

CCD- Convenção Mundial de Combate à Desertificação

CCM- Complexos Convectivos de Mesoescala

ENOS- Niño-Oscilação Sul

LI- Linhas de Instabilidade

MEAS- Massa Equatorial do Atlântico Sul

MPA- Massa Polar Atlântica

MST- Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra

MTA- Massa Tropical Atlântica

NDVI- Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NEB- Nordeste brasileiro

PAE- Programa de Ação Estadual de Combate a Desertificação

PAN -BRASIL- Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos efeitos da Seca

PNM- Pressão ao Nível do Mar

SAD- Suscetibilidade à Desertificação

SEMARH- Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos

TSM- Temperatura da Superfície do Mar

VCAN- Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

ZCIT- Zona de Convergência Intertropical

RESUMO

O semiárido brasileiro apresentou historicamente um quadro de exploração excessiva dos recursos naturais. Nesse contexto, atrelado as atividades predatórias exercidas sobre o quadro geoambiental frágil desta região, surge um processo de degradação ambiental em grande intensidade, denominado desertificação. O processo supracitado consiste na degradação das terras em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, advinda de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as derivações antropogênicas, resultando em impactos negativos tanto para os domínios ambientais, como para a população por ela afetada. De acordo com o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação (PAE-SERGIPE), no estado de Sergipe, o território do Alto Sertão Sergipano é uma área afetada pelos processos de desertificação, apresentando alto risco de degradação. Todavia, tal constatação não foi acompanhada por estudos detalhados para a análise dos diversos níveis de fragilidade dentro do território. Nesse sentido, a presente pesquisa objetivou analisar os níveis de suscetibilidade à desertificação correlacionados à indicadores geoambientais (índices de vegetação (NDVI), tipo de solos, relevo, pluviosidade e uso do solo), tendo destaque para a dinâmica da cobertura vegetal, no período compreendido entre os anos de 1987 a 2015, sendo o lócus de estudo o município de Poço Redondo, localizado no noroeste do estado de Sergipe. Para alcançar tal intento, ancorado na abordagem sistêmica em Geografia e os pressupostos da geoecologia das paisagens, foram utilizados múltiplos procedimentos metodológicos, a saber: revisão bibliográfica; pesquisa documental; elaboração e análise de documentos cartográficos, a partir de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento; além de trabalhos de campo para análise *in loco* dos indicadores de desertificação propostos. Assim, a análise da suscetibilidade à desertificação foi realizada através da integração dos indicadores geoambientais (índices de vegetação (NDVI) tipo de solos, relevo, pluviosidade e uso do solo), correlacionando as derivações antropogênicas com apoio das geotecnologias em análise multicritério. Tais indicadores subsidiaram a análise integrada, propiciando a elaboração do mapeamento da suscetibilidade ao processo de degradação/desertificação, com vistas ao ordenamento geoambiental do município estudado. Como principais resultados pode-se destacar que o município apresenta os seguintes índices de suscetibilidade: 4,7% muito baixa; 9,7% baixa; média 25,7%; alta 43,2% e muito alta 16,4%, sendo 0,4% correspondente aos corpos d'água. O predomínio significativo da deficiência hídrica, em quase todos os meses do ano, contribui para a susceptibilidade ao processo de degradação ambiental. Verificou-se a correlação espacial entre os níveis de precipitação, solos, topografia e a situação da cobertura vegetal com os níveis de suscetibilidade à desertificação. Ademais, pode-se destacar que, na área de estudo, as principais causas da degradação/desertificação derivam de manejo inadequado do solo, com práticas de desmatamento, sobrepastoreio, sobrecultivo e salinização de áreas irrigadas, processos que tornaram as áreas mais suscetíveis a essa modalidade de degradação ambiental.

Palavras-chave: Degradação ambiental, Desertificação, Fitogeografia, Suscetibilidade, Derivações Antropogênicas.

ABSTRACT

Historically, Brazil's semi-arid climate has always suffered an excessive exploitation of natural resources. In this context, combined with the predatory activities carried out on the fragile environmental scenario of this region, a degradation process surges in great intensity, denominated desertification. The aforementioned process consists of the land degradation of arid, semi-arid and sub-humid areas due to several factors, including climate variations and anthropogenic derivations, resulting in negative impacts to both the environment and the affected population. According to the Program of State Action of Combat to Desertification – (PAE-SERGIPE), in the state of Sergipe, the territory Alto Sertão Sergipano is an area affected by the processes of desertification, with a high risk of degradation. However, such statement was not accompanied by detailed studies for the analysis of several different levels of fragility inside the territory. In this sense, this study aimed to analyze the levels of susceptibility to desertification correlated to geoenvironmental indicators (vegetation index (NDVI), soil types, relief, pluviosity and land use), with emphasis on the dynamic vegetation cover, during the time period from 1987 to 2015, while the area of study was the municipality of Poço Redondo, located in the northeast area of the state of Sergipe. In order to achieve this, anchored in the systemic approach of Geography and the presumptions of the landscape's geocology, multiple methodological procedures were applied, namely: literature review, documental research, production and analysis of cartographic products, with the use of remote sensing and geoprocessing techniques; as well as fieldwork for in situ analysis of the proposed desertification indicators. Thus, the analysis of the susceptibility to desertification was carried out through the integration of geoenvironmental indicators (vegetation index (NDVI) soil types, relief, pluviosity and land use), correlating anthropogenic derivations with support from geotechnologies in a multicriteria analysis. Such indicators subsidized the integrated analysis, providing mapping of the susceptibility to desertification, with regard to the geoenvironmental order of the studied municipality. As main results, it can be highlighted that the municipality has the following indexes of susceptibility: 4,7% very low; 9,7% low; 25,7% medium; 43,2% high and 16,4% very high while 0,4% corresponding to the water bodies. The significant predominance of hydraulic deficiency, in almost every month of the year, contributes to the susceptibility to the process of environmental degradation. A spatial correlation was observed between the precipitation levels, soils, topography, and the situation of the vegetation cover as levels of susceptibility to desertification. Moreover, it can be said that in the area of study, the main causes of degradation/desertification derive from inadequate land use, with practices of deforesting, overgrazing, over-cropping and salinization of irrigated areas, processes which turned the areas more susceptible to this kind of environmental degradation.

Keywords: Environmental Degradation, Desertification, Phytogeography, Susceptibility, Anthropogenic derivations.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE SIGLAS	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO.....	2
1 CAPÍTULO I: REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
1.1 Paradigma sistêmico na análise ambiental.....	8
1.2 Evolução das concepções sobre paisagem e análise geossistêmica.....	11
1.3 Geoecologia das paisagens e a análise integrada em Geografia	16
1.4 Seca, deserto, desertificação e arenização	20
1.5 Degradação ambiental.....	27
1.6 Risco, suscetibilidade e vulnerabilidade	31
1.7 O processo de desertificação no semiárido brasileiro.....	35
1.8 Indicadores de desertificação	40
2 CAPÍTULO II: METODOLOGIA.....	47
2.1 Cenários da pesquisa: município de Poço Redondo-Sergipe.....	47
2.1.1 Formação territorial.....	47
2.1.2 Fisiografia da Paisagem	52
2.2. Procedimentos metodológicos	87
2.2.1 Método de abordagem.....	87
2.2.2 Procedimentos operacionais	88
3 CAPÍTULO III: RESULTADOS	106
3.1 Análise dos Indicadores Socioeconômicos associados ao processo de Desertificação	106
3.2 Análise do Uso do Solo na área de estudo e sua relação com à suscetibilidade ao processo de Desertificação.....	119
3.3 Análise do NDVI na área de estudo e sua relação com à suscetibilidade ao processo de Desertificação	125
3.4 Análise dos Índices de Suscetibilidade ao processo de Desertificação em Poço Redondo-Sergipe	130
4 CONCLUSÕES	136
REFERÊNCIAS	138

Introdução

INTRODUÇÃO

A preocupação com os diversos impactos ocasionados pela relação homem *versus* natureza, no contexto da biosfera, tem gerado diversas controvérsias acerca do futuro dos sistemas ambientais terrestres. Dentre estes problemas, tem-se a deterioração dos recursos naturais, com destaque para os denominados recursos renováveis, como água, solo e vegetação.

O semiárido brasileiro apresentou historicamente um quadro de exploração excessiva dos recursos naturais, sobretudo a partir da derrubada indiscriminada de sua cobertura vegetal. Nesse contexto, atrelado as atividades predatórias exercidas sobre o quadro geoambiental vulnerável desta região, surgem processos de degradação ambiental que comprometem a qualidade de vida da população sertaneja (ANDRADE, 1998).

Nos últimos dois séculos é notório o incremento dos danos causados pela sociedade urbano-industrial ao ambiente. As práticas de desmatamento, queimadas, superpastoreio, etc, culminam no comprometimento dos recursos naturais, solo, ar, fauna, recursos hídricos, perda e/ou redução da diversidade biológica e ainda, da cobertura vegetal, resultando no empobrecimento dos ecossistemas, especialmente os áridos, semiáridos e os subúmidos secos, com o consequente desencadeamento de áreas degradadas/desertificadas (AQUINO, 2012).

Em regiões semiáridas, como o Nordeste brasileiro (NEB), estes problemas são agravados por conta do seu quadro geoambiental vulnerável, onde, principalmente os cursos de água, solo e geobotânico, são consumidos e exauridos vorazmente, aumentando assim a susceptibilidade às contingências climáticas, sobretudo termopluviométricas, como a desertificação (NASCIMENTO, 2006).

A desertificação é definida oficialmente como, “a degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas.” (CCD, 1995, p. 13).

Nesse contexto, deve-se destacar as ações antrópicas, tendo em vista os diversos níveis de derivações induzidas pela utilização dos sistemas ambientais terrestres, mormente para fins econômicos. Tais usos geram, por vezes, impactos altamente nocivos ao funcionamento dos ecossistemas, desencadeando diversos problemas de ordem pedológica e hidrológica, onde o

processo de desertificação toma destaque, especialmente na região semiárida do Nordeste brasileiro.

Segundo Roxo (2006), a desertificação ocorre ou é passível de ocorrer nas diversas regiões de clima seco do mundo, principalmente em virtude de determinadas formas de manejo a que são submetidos os recursos naturais existentes, em particular a vegetação e os solos.

A principal causa da desertificação é a retirada da cobertura vegetal, que provoca a exposição do solo aos agentes erosivos, principalmente o horizonte superficial de característica mineral, por ser o mais sensível ao uso. Além disso, por vezes, o desmatamento vem associado a queimadas, provocando empobrecimento do solo e dificultando a regeneração das espécies vegetais (FREIRE E PACHECO, 2011).

Para Souza (2008), a retirada da vegetação é a ação mais comum que pode desencadear o processo de desertificação, e uma das consequências mais sérias está relacionada aos solos das regiões afetadas, em decorrência do aumento da erosão e os seus efeitos na fertilidade do solo.

Portanto, a cobertura vegetal apresenta elevada importância para a diminuição do desenvolvimento da desertificação, uma vez que protege o solo da ação inicial dos processos erosivos. No mesmo sentido, a ausência da cobertura vegetal pode anunciar a susceptibilidade dos solos ao ataque dos agentes desencadeadores da desertificação.

Deste modo, frente à problemática advinda das pressões exercidas sobre os domínios de natureza do Brasil, sobretudo, a partir da retirada da vegetação nativa, devemos destacar os impactos ambientais adversos, gerados no domínio das depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste (o domínio das caatingas), (Ab'Saber, 2003), tendo em vista o alto nível de derivação impresso em tal espaço, onde extensas áreas foram condenadas ao processo de desertificação e, tantas outras estão susceptíveis a este processo, gerando assim, diversos problemas para a população residente que necessita dos recursos ambientais nele encontrados.

De acordo com Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos efeitos da Seca, o PAN – BRASIL, as áreas susceptíveis a desertificação cobrem uma superfície de 1.340.862 km² abrangendo um total de 1.488 municípios nos nove Estados do Nordeste, além do norte de Minas Gerais e do norte do Espírito Santo (BRASIL, 2004).

Quanto à classificação das áreas susceptíveis ao processo de desertificação, a Convenção Mundial de Combate à Desertificação (CCD) baseando-se no Índice de Aridez da

classificação climática de Thorntwaite, que tem como base a razão entre os valores de Precipitação e Evapotranspiração Potencial, classifica-as em três níveis: muito alta, de 0,05 a 0,20 - áreas áridas; alta, entre 0,21 e 0,50 - áreas semiáridas; e moderada, entre 0,51 e 0,65 - áreas subúmidas secas.

O Estado de Sergipe, segundo a UNCCD (1997) *apud* SEMARH (2010), é considerado área frágil com três zonas: **1)** Uma estreita faixa litorânea sem riscos de desertificação; **2)** Uma faixa central abrangendo todo o Estado de Norte a Sul, com riscos de ocorrência do processo de desertificação; **3)** Uma faixa do sertão semiárida, com riscos elevados de desertificação (envolve o território sergipano denominado Alto Sertão).

Em Sergipe a desertificação vem se intensificando em decorrência de alguns fatores como sobrepastoreio, desmatamento indiscriminado e uso intenso dos recursos naturais da caatinga (PAE-SE, 2011). Ademais, o estado de Sergipe foi escolhido como referência para aplicação de projetos de combate a desertificação.

De acordo com o PAE-SE (2011), o território do Alto Sertão Sergipano, correspondente à Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco, que perfaz uma área geográfica de 4.908,20 km². Formada pelos municípios de Canindé de São Francisco, Nossa Senhora da Glória, Poço Redondo, Monte Alegre de Sergipe, Nossa Senhora de Lourdes e Porto da Folha. Região que, de acordo com o PAN – BRASIL, é área do estado mais afetada pelo processo de desertificação, sendo classificada de acordo com os indicadores adotados como Muito Grave.

Nesse contexto, o município de Poço Redondo (Figura 3), inserido no domínio semiárido sergipano, apresenta-se como área piloto de estudo detalhado sobre o processo de desertificação. Tanto por possuir quadro geoambiental vulnerável, como por dispor de uma base de dados, tanto climatológicos, como de imagens de satélite que perfazem um lapso temporal propício aos objetivos da presente pesquisa.

Portanto, tendo em vista a importância que possui a vegetação no combate à desertificação, e o nível avançado deste processo no Alto Sertão de Sergipe, o presente estudo visa, a partir da avaliação da dinâmica da cobertura vegetal, definir as fragilidades e potencialidades das paisagens susceptíveis a desertificação no município de Poço Redondo, e assim, apontar possíveis alternativas de desenvolvimento local, onde se concilie a utilização dos recursos com a capacidade de resiliência dos sistemas ambientais.

Objetivos

Objetivo geral

- ✓ Analisar a suscetibilidade à desertificação no município Poço Redondo à partir de indicadores geoambientais (índices de vegetação (NDVI), tipo de solos, relevo, pluviosidade e uso do solo), tendo destaque para a dinâmica da cobertura vegetal, no período compreendido entre os anos de 1987 a 2015.

Objetivos específicos

- ✓ Analisar o processo histórico de ocupação da área de estudo, e seus reflexos no processo de desertificação;
- ✓ Avaliar a dinâmica têmporo-espacial da vegetação da caatinga na área de estudo, através da análise do índice de Vegetação Normalizada (NDVI), correlacionando-o com o avanço/recuo da desertificação na área de estudo.
- ✓ Mapear a suscetibilidade à desertificação no município de Poço Redondo, levando em consideração os parâmetros de: índice de vegetação, pluviosidade, tipo de solo, relevo e uso do solo.

Questões de pesquisa

Nesse sentido, o cenário despertou alguns questionamentos, a saber:

- ✓ Qual a relação entre processo de ocupação do Município de Poço Redondo, e o avanço/recuo das áreas desertificadas?
- ✓ As derivações antropogênicas¹ são as principais responsáveis pelo desenvolvimento da desertificação no município de Poço Redondo?
- ✓ Em que medida a retirada da cobertura vegetal pode acelerar o processo de desertificação no Município de Poço Redondo?
- ✓ Áreas com menos densidade vegetal apresentam maior suscetibilidade à desertificação?

¹Termo cunhado por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (1978), em palestra intitulada: *Derivações Antropogênicas dos Geossistemas Terrestres no Brasil e Alterações Climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema de elaboração de modelos de avaliação*. Para MONTEIRO, as derivações antropogênicas configuram os diferentes graus de intervenção humana no meio natural. Para o autor, o homem pode derivar, tanto positivamente, como negativamente os sistemas ambientais terrestres.

- ✓ Em que intensidade o ritmo climático atua na configuração das áreas desertificadas?
- ✓ As técnicas de manejo do solo praticadas no referido município intensificam a degradação dos solos na área de estudo?
- ✓ Quais seriam as práticas de recuperação das áreas degradadas/desertificadas no referido município?

Hipótese

Diante da problemática da desertificação na área de estudo, confirma-se a hipótese que a diminuição da densidade vegetacional é um indicador da suscetibilidade ao processo de desertificação no município de Poço Redondo, Sergipe.

Capítulo I:

Referencial Teórico

1 CAPÍTULO I: REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Paradigma sistêmico na análise ambiental

O desenvolvimento das técnicas, atrelado a aceleração dos movimentos no espaço e no tempo, trouxe novas dinâmicas para a relação sociedade-natureza, suscitando outras formas de compreensão da realidade a partir de uma visão holística, haja vista a limitação da visão cartesiana/fragmentada em apreender os problemas da modernidade. Nesse sentido, atrelada a essa ideia de complexidade surge o paradigma sistêmico.

O pensamento sistêmico possui uma concepção holística oposta à abordagem cartesiana, que divide o todo em partes e as estuda em separado. Essa concepção estuda o todo sem dividi-lo ou reduzi-lo às partes menores, ou seja, examina-o de modo sistêmico. As propriedades das partes podem ser entendidas apenas a partir da organização do todo (SARTORI, 2005).

Segundo Capra (1996, p.53), antes da década de 40, os termos sistemas e pensamento sistêmico tinham sido utilizados por vários cientistas, mas foram as concepções de Bertalanffy sobre um sistema aberto e de uma teoria geral dos sistemas, que estabeleceram o pensamento sistêmico como um movimento científico de primeira grandeza.

Portanto, pode-se destacar que a Teoria Geral dos Sistemas desenvolvida pelo biólogo Von Bertalanffy nos anos de 1930, constitui base metodológica do que hoje é conhecido como pensamento sistêmico, sendo utilizada nos vários ramos da ciência moderna.

Rodrigues e Silva (2013, p.22), afirmam que o enfoque sistêmico é uma abordagem interdisciplinar geral, que é uma concepção metodológica e um meio para o estudo dos objetos integrados e das dependências e interações integrais.

De acordo com Edgar Morin, um dos teóricos mais proeminentes da análise sistêmica, dentro da complexidade, é preciso ratificar que a missão para reverter o quadro de destruição perpetrado por gerações contra a natureza demandam uma articulação das ciências sociais com diferentes áreas do saber e novos instrumentos teóricos e metodológicos (MORIN, 2005).

O pensamento sistêmico é o pensamento que se esforça para unir os diferentes elementos (como o econômico, o político, o sociólogo, o afetivo, o histórico, o biológico entre outros) constitutivos do todo. Esse pensamento interliga a todo instante as partes ao todo e o

todo às partes; envolve ao mesmo tempo o observador e o sujeito, na observação da realidade (SARTORI, 2005).

De acordo com Rodrigues e Silva (2013), a abordagem de sistemas tem desempenhado um papel importante na descoberta e construção do mundo multidimensional, e de seus vários níveis de realidade em seu sistema científico, sendo muito necessário e produtivo nos estudos dos fenômenos complexos. A estes fenômenos pertencem as paisagens, as interações entre biota e o ambiente, sociedade e natureza, humanidade e seu meio ambiente.

A concepção sistêmica é uma concepção científico-metodológica, que centra sua atenção na análise dos sistemas considerados como totalidade. O todo regula o funcionamento das partes, os aspectos que a integram, definindo seus atributos, possuindo características que transcendem ao que seus componentes proporcionam (OLMEDO et al., 2004).

Nesse sentido Munhoz (2004), ressalta que o conceito sistêmico, especificamente, consiste que qualquer diversidade da realidade (objetos, propriedades, fenômenos, relações, problema, situações, etc.) pode ser considerada como uma unidade (um sistema), regulada de uma ou de outra forma, que é manifestada por algumas categorias sistêmicas, tais como estrutura, elemento, relacionamentos, intensidade, meio, etc.

Marques Neto (2008) define um sistema como uma inter-relação de elementos que constituem uma entidade ou unidade global. Para o referido autor, não basta associar inter-relação e totalidade, sendo preciso ligar os dois elementos por intermédio da ideia de organização.

Para Christofolletti (1979), o termo sistema representa o conjunto organizado de elementos e de interações entre os elementos, buscando um procedimento analítico que corresponde aos diversos níveis de tratamento quanto o grau de complexidade do estudo a ser feito em relação à morfologia, a dinâmica e a integração conjunta do sistema. É um todo complexo, único, organizado, formado pelo conjunto ou combinação de objeto ou partes.

De acordo com Khomyakov (2000)apud Rodrigues e Silva, (2013), a maioria dos autores consideram que os sistemas devem possuir as seguintes características: elementos do sistema, multiplicidade de elementos, conjunto múltiplo de inter-relações, de subordinação dos elementos, finalidade ou objetivo, operação, processo, integridade totalidade ou totalidade, configurador, feedback, homeostase ou equilíbrio orgânico, entropia ou equilíbrio, sinergia, relacionamentos, estrutura, equifinalidade, limite, hierarquia de mecanismos de

defesa dos sistema, o ambiente do sistema, desenvolvimento do sistema, crescimento e organização do sistema e complexidade.

Um sistema não é somente constituído de partes, ele tem qualidades, propriedades ditas emergentes, que não existem nas partes isoladas: em outras palavras, o todo é mais do que a soma das partes (MORIN, 2001).

Para Rodrigues e Silva (2013, p.25), “o pensamento sistêmico tem uma base conceitual surpreendentemente simples, implica em ver as coisas como um todo”.

o pensamento sistêmico implica em uma mudança completa de paradigma de pensamento que visa desenvolver um propósito geral, sendo uma ferramenta transdisciplinar que permite envolver praticamente todas as disciplinas e os problemas sempre que seus princípios sejam aceitos (RODRIGUES e SILVA 2013, p.25).

Miranda (1999) assevera que, existem diversos mal entendidos sobre a compreensão acerca do pensamento sistêmico, pois muitas vezes o mesmo só é entendido a partir de uma visão mecanicista e reducionista. De acordo com o autor supracitado, existem duas interpretações científico-filosóficas sobre a concepção sistêmica: visão dialética e visão metafísica.

A visão metafísica interpreta de forma mecânica e reducionista a visão de sistema. O concreto é reduzido a dados, obviamente manipulados, constituindo quando mais de uma totalidade fragmentada. A visão dialética permite entender qualquer objeto (paisagem, espaço, território ou ambiente) como uma totalidade dialética desde sua posição integradora e sistematizadora (RODRIGUES E SILVA, 2013).

Assim, ao estudar um objeto a partir de uma visão sistêmica, de acordo com Rodrigues e Silva (2013), devem ser analisados os aspectos como, identificar as interações que conectam os vários componentes de cada sistema, estabelecer a organização interna, analisar os processos que organizam os objetos, estudar as regras de funcionamento e desenvolvimento, identificar as trocas com o meio ambiente, estabelecer a durabilidade e identidade do objeto, analisar a capacidade do objeto variar por si mesmo e de se adaptar, identificar alternativas do objeto se transformar, eventualmente, as formas de desorganização e desaparecimento.

1.2 Evolução das concepções sobre paisagem e análise geossistêmica

O desenvolvimento das ideias e conceitos acerca da paisagem atrela-se ao desenvolvimento da ciência, e de suas respectivas teorias e métodos. Deste modo, tanto dentro da ciência geográfica, como noutras ciências, a análise a paisagem foi fortemente influenciada pelos paradigmas científicos, indo desde as concepções separativas cartesianas, até a compreensão sistêmica atrelada a complexidade, onde a análise busca contemplar a sociedade e sua relação com a natureza.

Portanto, as concepções filosóficas de ciência e as concepções de natureza influenciaram fortemente a formulação dos estudos sobre paisagem, e conseqüentemente sua consolidação como categoria analítica. Nesse contexto, pode-se destacar as visões de natureza, desde a sua compreensão como simples recurso, onde o homem é alheio a natureza, até a concepção contemporânea de que o homem também é natureza.

Historicamente, na Geografia, a paisagem se apresentou como importante categoria de análise do espaço geográfico. Contudo, sua conceituação nem sempre apresentou uma compreensão conjuntiva do ambiente, de modo a apreender a análise entre natureza e sociedade de modo integrado. As concepções de paisagem na Geografia vinculam-se aos contextos históricos e, por conseguinte aos paradigmas da ciência geográfica.

A temática relativa ao conceito de paisagem e seu tratamento na Geografia, acumula ao longo dos tempos uma série de polêmicas envolvendo uma enorme diversidade de conteúdos e significados. De acordo com o autor, esta elasticidade demonstra, na realidade, complexificação do conceito, em função de como o mesmo foi tratado pelas várias correntes na Geografia, moldadas cada qual em um determinado contexto histórico e cultural (VITTE, 2007, p. 72).

A ideia de ter uma visão totalizadora das interações da Natureza com a Sociedade no mundo acadêmico começou no final do século XVIII e princípio do século XIX, com os trabalhos de Kant, Humboldt e Ritter (RODRIGUEZ E SILVA, 2002).

De acordo com Conceição e Souza (2012), é no século XIX, com a escola germânica, que há o surgimento das primeiras ideias e definições acerca da paisagem. É com os trabalhos de naturalistas alemães que se estabelecem as formulações do conceito de paisagem como significado científico. Alexander Von Humboldt destaca-se como um dos precursores no desenvolvimento de uma noção de paisagem, apresentando de forma coerente uma abordagem descritiva e morfológica da estrutura da superfície terrestre, com ênfase nas relações entre elementos físicos e na fisionomia e funcionalidade da natureza.

Na escola alemã da paisagem, segundo Oliveira; Melo e Souza (2012), além de Humboldt, outros naturalistas como Ferdinand Von Richthofen, Sigfrid Passarge, Alfred Hettner e Carl Troll, contribuíram com bases teóricas para o desenvolvimento dos estudos sobre a paisagem.

Ferdinand Von Richthofen, discípulo de Humboldt, apresenta no século XX “a visão da superfície terrestre como a interseção das diferentes esferas: litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera e ajuda a compreender as interconexões em qualquer setor da mesma”. Sigfrid Passarge através dos seus estudos realizados no continente africano é considerado o primeiro autor a publicar um livro sobre paisagem (*Grundlagen der Landschaftskunde*, 1919/1920), seus estudos consideram o caráter global e integrado da paisagem. Alfred Hettner, preocupando-se com questões metodológicas contribui através da busca pela globalidade total da paisagem por meio da inclusão do homem no sistema, face à interrelação dos fenômenos naturais com os humanos. Já Carl Troll, geógrafo e ecólogo, foi quem aproximou a paisagem das concepções da Ecologia introduzindo o conceito de Ecologia de Paisagem em 1938 descrita como uma nova disciplina resultante da interseção da Geografia Física e a Ecologia que contempla uma perspectiva espacial, geográfica, para entender os fenômenos naturais complexos (OLIVEIRA; MELO E SOUZA, 2012, p.161).

Contudo, foi a partir da segunda metade do século XX que a análise sistêmica foi introduzida veementemente nos estudos da paisagem em Geografia, originando as contribuições da análise geossistêmica.

Nos anos 50 do século XX, o biólogo Ludwing Von Bertalanffy propôs e fundamentou a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), aplicando tal teoria aos organismos vivos. Esta teoria influenciou diversos trabalhos dentro das ciências biológicas e naturais. Posteriormente, Arthut Tansley baseando-se nos pressupostos de Bertalanffy, desenvolveu o conceito de ecossistema, considerando a relação entre os organismos vivos com o entorno em uma determinada organização, tendo uma visão estritamente funcional (RODRIGUES E SILVA, 2013).

Todavia, foi a partir dos trabalhos de Viktor Borisovich Sotchava que se deu a introdução da TGS nos estudos ambientais realizados por geógrafos, e que a abordagem sistêmica tomou vulto na Geografia, passando a integrar a perspectiva de análise geossistêmica.

Assim, dentro da ciência geográfica, representando a escola Russa, o geógrafo V.B Sotchava imprimiu notoriedade a Teoria Geral dos Sistemas com proposta de aplicação da mesma nos sistemas geográficos. Sotchava publicou em 1979 um livro denominado:

Introdução à Teoria dos Geossistemas, onde expõe plenamente sua conceituação sobre o que seriam os geossistemas (RODRIGUES E SILVA, 2013).

O conceito geossistêmico foi criado no bojo da escola soviética pelo russo Sotchava, que fundou o conceito ligado as experiências desenvolvidos na região Siberiana – Rússia, que entendia geossistema como “uma classe peculiar de sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados” (ROSS, 2006 p. 24).

Rodrigues e Silva (2013) avaliam que um elemento essencial na teoria geossistêmica desenvolvida por Sotchava foi considerar os espaços ou paisagens naturais (também conhecidos como complexos territoriais naturais) como geossistemas. Para os referidos autores, a proposta de Sotchava é uma interpretação sistêmica do conceito de paisagem, é um alto cognitivo que respondeu uma demanda social, pois além de comportar uma fase de identificação, classificação e mapeamento das unidades, respondem a necessidade de informação sobre a organização espacial da natureza.

Tal abordagem comporta também a fase sistêmica de identificação da estrutura, função, dinâmica e evolução dos geossistemas, avaliando a capacidade das paisagens naturais resistirem ao impactos humanos. Contudo, a ação antrópica não estava no centro do sistema.

De acordo com Oliveira; Melo e Souza (2012), no tocante a definição de Sotchava para geossistema, alguns autores tecem críticas principalmente quanto à metodologia de classificação das paisagens naturais adotada, que se utiliza de escalas de grande magnitude, o que dificultaria a associação com a escala socioeconômica.

Nesse sentido, segundo Pissinati; Archela (2009), Bertrand otimiza o conceito de geossistema, incluindo a variável da ação antrópica no centro do geossistema, tornando-a uma perspectiva mais integradora.

No tocante a escola francesa, os trabalhos do biogeógrafo George Bertrand e do geomorfólogo Jean Tricart, tiveram grande influência nos estudos sobre a paisagem. A partir da década de 1960, a concepção sistêmica é adotada na França e os estudos desses dois autores se destacam como os mais característicos da produção recente da Geografia Física, a partir do estabelecimento de abordagens e propostas teórico-metodológicas próprias, bastante úteis para classificação da paisagem (OLIVEIRA; MELO E SOUZA, 2012).

Deste modo, a paisagem não é considerada como um produto da natureza *per si*, mas um complexo vivo, resultante da inter-relação dos meios, natural e social.

Portanto, segundo Bertrand, (1972, p. 141).

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Bertrand (1972) em sua idéia de geossistema/sistema geográfico, considera a geomorfologia, o clima e a hidrografia como componentes do potencial ecológico, enquanto a vegetação, a fauna e o solo seriam os componentes da exploração biológica. A essa organização estrutural do geossistema ainda teríamos a ação antrópica como intermediador das relações entre potencial ecológico e exploração biológica.

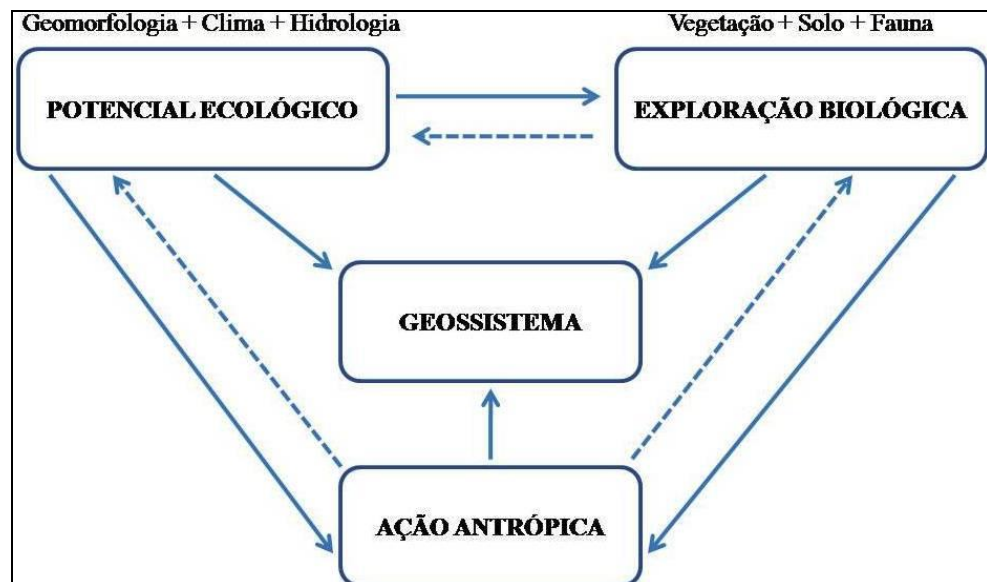


Figura 1- Esboço de uma definição teórica de Geossistema.

Fonte: Bertrand, (1972).

Segundo Ross (2006, p. 29) o suporte teórico de geossistema, tanto para os russo - soviéticos como para os franceses, está na noção da paisagem ecológica, introduzida por Troll a partir do final da década de 1930 e na ampliação do termo e conceito de ecossistema de Tansley em 1935, que se desenvolveram nas décadas de 1940/1950 e alavancaram a Geografia Física dos russos e franceses nas décadas seguintes.

No Brasil, a perspectiva geossistêmica, sobretudo baseada nos pressupostos Bertrandianos, assume notoriedade nos estudos de geografia física na década de 70 do século XX. Autores como, Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, Antônio Christofolletti, Jurandyr

Ross, Helmut Troppmair, e mais contemporaneamente, Messias Modesto dos Passos assumem destaque na aplicação desta teoria.

Christofolletti (1986, p. 87) salienta que “a Geografia Física não deve estudar os componentes da natureza por si mesmos, mas investigar a unidade resultante da integração e as conexões existentes nesse conjunto”.

Ainda nesse sentido, Christofolletti (1989, p. 2006) assevera que

Embora o geossistema seja composto por elementos topográficos, biogeográficos, hidrológicos, pedológicos e dinamizado pelos fluxos climáticos, a análise do geossistema processa-se num nível estruturado de grandeza hierárquica, que não se confunde com o campo de ação da Geomorfologia, da Climatologia, da Pedologia, da Hidrologia e da Biogeografia. A organização do conjunto não representa a simples somatória das partes constituintes. A esse âmbito do meio natural deve-se inserir a ação e os fluxos relacionados com as atividades humanas, cuja inserção torna-se participativa tanto nas características como na dinâmica do meio ambiente.

Dentro da seara de eminentes geógrafos adeptos a teoria geossistêmica, MONTEIRO assume destaque como um dos maiores disseminadores e formuladores do conceito de geossistema no Brasil. Monteiro (2000, p. 81) assevera que,

O geossistema “visa a integração das variáveis “naturais” e “antrópicas” (etapa análise), fundindo “recursos”, “usos” e “problemas” configurados (etapa integração) em “unidades homogêneas” assumindo papel primordial na estrutura espacial (etapa síntese) que conduz ao esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente (etapa aplicação) do “diagnóstico”.

Monteiro executou diversas pesquisas dentro da perspectiva geossistêmica, dentre esses trabalhos destaca-se o projeto Qualidade Ambiental no Recôncavo Baiano (1983-1987). Nesse trabalho o autor busca caracterizar a qualidade ambiental, um dos trabalhos pioneiros dessa temática no Brasil. Foi adotada uma divisão do tratamento geossistêmico em quatro etapas: análise que visa a integração das variáveis naturais e antrópicas; a integração dos usos e problemas em unidades homogêneas; síntese que assume um papel primordial na estrutura espacial, identificando o estado real da qualidade do ambiente; e, na quarta etapa, a aplicação do diagnóstico (MONTEIRO, 2000).

Na consolidação do paradigma ambiental, no qual o conceito de sistema é um elemento-chave, a noção de geossistema constitui a categoria central, porque permite distinguir a natureza como uma totalidade essencial (MONTEIRO, 2000).

Portanto, a visão integrada da paisagem ancorada na perspectiva geossistêmica apresenta-se como arcabouço metodológico para o estudo dos sistemas ambientais derivados

pela ação humana numa análise totalizante. Outrossim, dentro dessa perspectiva, a Geoecologia das Paisagens surge como uma abordagem integrada da paisagem, apresentado suas especificidades metodológicas, dentre estas a taxonômica, a partir da regionalização e cartografia da paisagem.

1.3 Geoecologia das paisagens e a análise integrada em Geografia

A intensidade com que as derivações antropogênicas impactam o funcionamento dos sistemas ambientais nos espaços urbanos e agrários, suscita pensarmos em abordagens que apreendam a interação entre sociedade-natureza de modo conjuntivo, numa perspectiva integradora, haja vista, o comprometimento das paisagens, outrora consideradas naturais pela ação do homem.

Nesse sentido, a abordagem sistêmica apresenta-se como método apropriado a análise integrada entre natureza e sociedade, de modo que a paisagem emerge como categoria analítica primordial para tal estudo, o que não excluiu a importância do espaço e do território.

Portanto, tendo em vista a complexidade inerente aos sistemas ambientais, e as derivações impressas nos mesmos, a análise integrada centrada na teoria geossistêmica faz-se importante, para o planejamento e, por conseguinte, para o equacionamento dos problemas ambientais hodiernos. Frente a essa conjuntura, a perspectiva integradora, centrada na geoecologia das paisagens, apresenta-se como enfoque metodológico para o estudo dos arranjos paisagísticos contemporâneos.

De acordo com Rodrigues; Silva e Cavalcanti (2013), a concepção científica sobre a Geoecologia da Paisagem, como base para o planejamento ecológico do território, será analisada como um sistema de métodos, procedimentos e técnicas de investigação, cujo propósito consiste na obtenção de um conhecimento sobre o meio natural, com os quais pode-se estabelecer um diagnóstico operacional.

A Geoecologia das Paisagens está apoiada em uma série de dimensões, que vão desde as categorias analíticas até a definição de uma escala precisa, que viabilizam a realização de trabalhos a partir de uma visão sistêmica e integradora, considerando os aspectos de cunho social e natural (FARIAS, 2012).

Rodrigues e Silva (2013), destacam que a partir da reconceituação da Ecologia, com a incorporação da dimensão espacial, veio a se desenvolver a ecologia da paisagem, como uma

disciplina primeiramente biológica, como uma sinecologia geográfica que se dedica ao estudo das relações entre organismos ou biocenose e o ambiente e seus fatores ambientais.

De acordo com Rodrigues e Silva (2013), desde os anos 30 do século XX foi se formando a idéia de que a questão ambiental a partir de uma visão sistêmica precisava ser considerada em uma visão espacial. Foi então que, a partir de vários caminhos, desenvolveram-se os conceitos de geossistema, a partir da noção de paisagem.

A ecologia da paisagem como termo foi introduzida por Karl Troll no final dos anos 30 do século XX. Ele considerou que a principal tarefa dessa disciplina era a análise funcional da paisagem, e a evolução das várias dependências entre seus componentes (RODRIGUES E SILVA, 2013).

Segundo Rodrigues e Silva (2013), os fundamentos da existência da Geoecologia foram levantados por Dokuchaev, cientista russo do final o século XIX. Ele utilizou a abordagem ecologia da paisagem para analisar o uso da natureza, tendo em conta constantemente o homem e a sociedade.

Já o geógrafo alemão Karl Troll, propôs a criação de uma ciência sobre os complexos naturais, considerando como paisagens naturais as formadas pelas inter-relações entre os seres vivos e seu ambiente. Inicialmente Troll batizou essa disciplina de Ecologia da Paisagem, termo que foi utilizado por volta de 1939, e depois foi rebatizada em 1966 de Geoecologia (RODRIGUES E SILVA, 2013).

Troll considerou que a Geoecologia conjuga duas abordagens: a abordagem propriamente da paisagem, que estuda a diferenciação espacial da superfície terrestre, na interação entre os fenômenos naturais, e a abordagem biologia-ecológica, que investiga as inter-relações funcionais dos fenômenos naturais e sistemas naturais complexos (RODRIGUES E SILVA, 2013).

Numa perspectiva mais antropogênica, a partir dos anos 1960, a Geoecologia começou a difundir-se como a ciência que estuda os complexos territoriais, naturais antropogênicos da terra (paisagens, geossistemas dos continentes, oceanos e mares) em âmbito global, regional e local em qualidade de meio de vida dos organismos, os seres humanos, e os meios de atividade socioeconômica (RODRIGUES E SILVA, 2013).

Assim, a Geoecologia consolidou-se como uma disciplina focada numa visão integrada entre natureza e sociedade, tendo uma atenção especial nas derivações antropogênicas e suas alterações no funcionamento do sistema ambiental.

A Geoecologia analisa questões, a fim de resolver problemas causados por desastres, o dano e a crise ecológica, decorrentes dos impactos de fatores antropogênicos ou processos individuais espontâneos em limites territoriais do espaço terrestre como um todo (RODRIGUES E SILVA, 2013, p.83).

A Geoecologia da Paisagem é uma proposta metodológica de investigação sobre o meio natural, adotada nos estudos de Geografia aplicada ao planejamento ambiental. Baseia-se na visão geossistêmica, o que possibilita uma maior compreensão da dinâmica dos sistemas naturais (PEREIRA, 2012)

Para Rodrigues e Silva (2013), uma característica peculiar da Geoecologia é o sociocentrismo. O homem no elo do biótico nos geossistemas ocupa uma posição privilegiada. Desempenha um papel especial como um portador, simultaneamente das formas sociais e naturais de movimento da matéria, sendo um elemento inseparável de sistemas da paisagem.

A geoecologia das paisagens, como visão sistêmica da análise ambiental, baseia-se nas seguintes abordagens (MATEO *et al.*, 2004):

- Considerar a natureza como uma organização sistêmica, sendo formada pela interação sistêmica de diferentes componentes da natureza, tendo sua própria autonomia e suas lógicas de estruturação e funcionamento;

- Aceitar que os sistemas humanos têm a capacidade de transformar, até um certo limite, os sistemas naturais, impondo uma certa estrutura de funcionamento, de acordo com os fatores econômicos, políticos, sociais e culturais, que variam conforme escalas espaciais e temporais;

- Assumir que a superfície do globo terrestre é, simultaneamente, moldada por uma gama diversificada de unidades espaciais, formadas de acordo com a lógica prevalecente de certas formas de organização (natural, econômica, social e cultural), que interagem de forma complexa. Estas unidades podem ser estudadas e analisadas de acordo com um conjunto de categorias analíticas, que são ferramentas cognitivas que permitem a análise dialética da superfície do globo terrestre.

Para Rodriguez (1994), a análise sistêmica se baseia no conceito de paisagem como um “todo sistêmico” em que se combinam a natureza, a economia, a sociedade e a cultura, em um amplo contexto de inúmeras variáveis que buscam representar a relação da natureza como um sistema e dela com o homem. Os sistemas formadores da paisagem são complexos e exigem uma multiplicidade de classificações que podem, segundo o autor, enquadrar-se

perfeitamente em três princípios básicos de análise: o genético, o estrutural sistêmico e o histórico, que se fundem numa classificação complexa.

A regionalização físico-geográfica (geoecológica ou de paisagens) consiste na análise, classificação e cartografia dos complexos físico-naturais individuais, tanto naturais como modificados pela atividade humana e a compreensão de sua composição, estrutura, relações, desenvolvimento e diferenciação (SANTOS et al., 2009).

Golubev (2006 apud Silva e Rodrigues (2014), acrescenta que a mesma se centraliza na análise de localização e distribuição de fenômenos geográficos, com uma devida classificação e representação cartográfica, adequados às dimensões territoriais assumidas.

Segundo os autores Rodrigues e Silva (2002), essa ciência tratava-se, pois, não de estudar apenas as propriedades dos geossistemas no estado natural, mas procurar as interações, as pontes de relacionamento com os sistemas sociais e culturais, em uma dimensão sócio-ecológica, em articular a paisagem natural e a paisagem cultural. Ainda conforme essa visão de paisagem permite sua consideração como unidade do meio natural, como um dos sistemas que entram em interação com os sistemas sociais, para formar o meio ambiente global, ou seja, os sistemas ambientais.

De acordo com Rodriguez et al. (2010), a Geoecologia da Paisagem é uma ciência de caráter ambiental, que propicia uma contribuição fundamental para a análise e diagnóstico das bases naturais de determinado espaço geográfico. Ela oferece fundamentos teórico-metodológicos para a implementação de ações de planejamento e gestão ambiental, direcionados à implantação de modelos de uso e ocupação voltados à sustentabilidade socioambiental.

Por conseguinte, Silva e Rodrigues (2011) salientam que, o objeto inicial da análise da Geoecologia da Paisagem é a paisagem natural, dentro de uma concepção de estudo que a concebe como uma realidade geográfica, **portanto integradora** [grifo nosso]. No enfoque geoecológico, ela é interpretada como uma conexão harmônica de componentes e processos, intrinsicamente integrados. Nesse sentido, a sua análise e interpretação requer uma abordagem sistêmica.

Portanto, para efetivação do estudo geoecológico faz-se necessária a classificação da paisagem, sendo os principais critérios, arranjos singulares, tipos de clima, vegetação, hidrografia, além dos processos de ocupação humana. Tais elementos configuram arranjos

paisagísticos, que, por conseguinte serão classificados taxonomicamente, para fins de planejamento.

De acordo com Silva e Rodrigues (2011), o procedimento de regionalização da paisagem baseia-se na inseparabilidade, sendo cada unidade paisagística caracterizada por uma determinada interação entre seus componentes e processos naturais, que condicionam ou favorecem a um específico processo de desenvolvimento antropogênico. Para tanto, se aplicam os métodos da sobreposição das regionalizações parciais (clima, geomorfologia, vegetação, etc.), do fator principal e da repetibilidade.

No mesmo sentido, considerando a análise integrada da paisagem, com base nos pressupostos geossistêmicos, diversas são as classificações taxonômicas da paisagem. Troppmair (2002), com base em estudos biogeográficos, a partir da idéia de ecossistema, empregou-lhe uma análise espacial, definindo geobiocenose como um sistema de interações em funcionamento, composto por um ou mais organismos vivos e seus ambientes reais, tanto físicos, como biológicos. No que diz respeito à escala, tais sistemas podem ser de tamanho macro, meso e micro, possibilitando assim, uma hierarquização das paisagens.

Ademais, a geoecologia da paisagem é compreendida como um sistema de métodos, procedimentos e técnicas que permitem explicar a estrutura da paisagem, sua história do desenvolvimento local e regional, dinâmica, além dos processos de formação e transformação que permitem conhecer e analisar as transformações da natureza feitas pela sociedade.

Portanto, tendo em vista os diversos arranjos paisagísticos da caatinga sergipana, e o alto grau de derivação neste ambiente, com destaque para o processo de degradação/desertificação, fazem-se necessários estudos integrados, que através da delimitação das unidades geoambientais, com base nos arranjos paisagísticos, possam subsidiar um planejamento integrado deste domínio de natureza, com vistas a sua conservação.

1.4 Seca, deserto, desertificação e arenização

Os conceitos de seca, deserto, desertificação e arenização geram muita controvérsia, haja vista a infinidade de classificações pela diferentes áreas do conhecimento que a utilizam. Portanto, faz-se necessária a distinção entre os termos, bem como definição que será adotada na presente pesquisa.

A noção de seca está associada ao fato de a vegetação cultivada ou nativa de um determinado lugar não atingir o estágio de maturidade por serem as chuvas tardias ou insuficientes. Embora muitas vezes os totais de chuvas estejam compatíveis com as médias normais pluviométricas, a forma e a distribuição das chuvas podem conduzir à não maturação da vegetação, o que liga a concepção de seca a quantidade de água da chuva útil ao desenvolvimento da vegetação (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Campos; Studart (2001), afirmam que o conceito de seca está intimamente relacionado ao ponto de vista do observador. Embora a causa primária das secas resida na insuficiência ou na irregularidade das precipitações pluviais, existe uma sequência de causas e efeitos na qual o efeito mais próximo de uma seca torna-se a causa de um outro efeito e esse efeito passa a ser denominado também de seca.

Segundo Conti (2008), apesar de arbitrário, o conceito de seca indica uma prolongada falta de chuvas, que poderia se estender por dois ou três anos. Não há, porém, consenso sobre os critérios para se definir mês seco, situando-se a polêmica em torno de três referenciais principais: quantidade de chuva (KÖPPEN, 1948), na relação entre esta e a temperatura (BAGNOULS; GAUSSEN, 1957), no balanço hídrico do solo (THORNTHWAITE, 1948), aos quais se poderiam acrescentar indicadores qualitativos.

De acordo com Conti (2008), tais autores classificaram a seca segundo diferentes critérios, a saber:

Köppen definiu esse limite para alguns de seus tipos climáticos, por exemplo, 60 mm para o tipo Aw (tropical chuvoso ou clima das florestas pluviais) e 30 mm relativo ao Cs (mesotérmico úmido, com verão seco ou mediterrâneo). Bagnouls e Gaussen estabeleceram como mês seco aquele cujo total de precipitação, em milímetros, seria igual ou inferior ao dobro da temperatura média mensal, expressa em graus Celsius, e Thornthwaite, por meio da relação precipitação/temperatura, a existência de meses com deficiência e excedente hídrico (CONTI, 2008.p.41).

Para Ayoade (2010), apesar de haver várias definições para o termo seca, concorda-se que esta pode ocorrer sempre que o suprimento de umidade das precipitações ou de água armazenada no solo seja insuficiente para atender as necessidades hídricas ótimas das plantas, ocasionando graves problemas sociais e econômicos.

Deste modo, o termo “seca” acarreta ausência de precipitação significativa por um período suficientemente longo para causar déficits de umidade no solo por evapotranspiração e

reduções no fluxo dos córregos, atrapalhando as atividades biológicas e humanas normais (BARRY; CHORLEY, 2013)

As secas podem ocorrer de diferentes formas, apresentando uma escassez mais severa, ou com maior abrandamento dos períodos secos. Do mesmo modo, pode trazer diferentes consequências, tanto do ponto de vista social como econômico.

Na compreensão de Campos; Stuart (2001) pode-se definir quatro tipos de secas, a climatológica (causa primária ou elemento que desencadeia o processo), a seca edáfica (efeito da seca climatológica), a seca social (efeito da seca edáfica) e finalmente, a seca hidrológica (efeito dos baixos escoamentos nos cursos d'água e/ou do sobreuso das disponibilidades hídricas).

Nesse sentido, Pinto; Oliveira Netto (2008) apresentam uma classificação para as secas, que pode ser: seca permanente (que ocorre em áreas desérticas e semidesérticas), seca sazonal (que ocorre principalmente em áreas tropicais, pressupõe certa regularidade em sua ocorrência interanual), seca contingente (ocorre quando a chuva deixa de cair num período curto de tempo dentro da estação chuvosa. São características das regiões consideradas úmida e semiúmidas) e seca invisível (pode ocorrer dentro da estação considerada úmida, isto é, as chuvas acontecem, mas, abaixo das necessidades das plantas, consequentemente, as plantas deixam de crescer num índice ótimo seca-verde).

O termo deserto remete à ideia de tipo de clima e supõe um sistema natural adaptado, com características e limites espaciais definidos (CONTI, 2008).

O primeiro indica uma região de clima árido, onde a evaporação potencial excede a precipitação média anual, resultando em carência de água e fraco desenvolvimento da biosfera. A precipitação, além de escassa, apresenta alta variabilidade interanual, característica tanto mais acentuada quanto mais baixos forem seus volumes anuais médios. Os solos caracterizam-se por serem rasos, com acentuada deficiência hídrica e tendência à concentração de sais. A drenagem é intermitente. A cobertura vegetal é esparsa, apresentando predominância de espécies xerófilas e fauna adaptada às condições de escassez de água sendo, nesse sentido, um *climax* ecológico (CONTI, 2008.p.42).

Quanto à sua distribuição geográfica, as áreas desérticas relacionam-se com quatro situações bem conhecidas: cinturões de anticiclones subtropicais (em ambos os hemisférios); continentalidade; fachadas ocidentais das latitudes tropicais dos continentes, banhadas por correntes frias, e posições de sotavento (CONTI, 2008).

Teinke (2012) assevera que os desertos são regiões com clima quente e seco, solo formado basicamente de areia, e precipitação anual muito baixa. Tais condições estão associadas as altas pressões atmosféricas conhecidas como altas subtropicais. Nessas regiões o ar realiza um movimento subsidente, este por sua vez é contrário a formação de nuvens, consequentemente à produção de chuva.

Nimer (1988) ressalta que deserto é um fenômeno resultante da evolução de processos que alcançaram uma certa estabilidade final, isto é, alcançaram uma espécie de equilíbrio homeostático natural, independe da ação conseqüente ou inconseqüente do homem sobre o meio ambiente. É um clímax ecológico atingido.

Nery; Carfan (2013) entendem que a seca é compreendida como a ausência prolongada ou déficit considerável de precipitação. Existem diversos graus de seca que, em ordem de importância decrescente podem assim serem classificados: absoluto, parcial e intervalo ou período de seca. Para esses autores, deserto é uma área com precipitação inferior a 25 mm/ano, solo árido e pouca ou nenhuma vegetação. Desertificação é a transformação de terras cultiváveis em deserto, muitas vezes, devido as atividades humanas que geram a erosão e degradam o solo.

Ao contrário do conceito de deserto, que pressupões um sistema natural adaptado a aridez, o conceito de desertificação supõe processo e, portanto, dinamismo, estando, frequentemente, associado a períodos secos bastante longos, da ordem de décadas (CONTI, 2008).

Nesse sentido, embora as secas contribuam para o desencadeamento do processo de desertificação, não se pode atribuir-lhe o *status* de vetor da desertificação, pois a condição de aridez, quando não conjugada com a ação humana predatória propicia a regeneração dos sistemas ambientais semiáridos.

De acordo com Stipp (2006), a desertificação começou a ser discutida pela comunidade científica nos anos 30, decorrente de um fenômeno ocorrido no meio oeste americano conhecido como Dust Bowl, (bacias de poeiras) onde intensa degradação dos solos afetou uma área de cerca de 380.000 Km² nos estados Oklahoma, Kansas, Novo México, e Colorado.

Segundo Conti (1991) a desertificação tem sido descrita como um fenômeno de deterioração do quadro natural, através da progressiva redução da biomassa, ressecamento acentuado do ambiente, elevação da temperatura média e intensificação dos processos

erosivos, especialmente os eólicos, podendo ter origem tanto em causas naturais como ser desencadeada pela ação antrópica em regiões submetidas à superexploração dos recursos.

A desertificação tem sido considerada por muitos estudiosos e ambientalistas como um dos mais graves problemas ambientais da atualidade, haja vista seus efeitos de ordem política, econômica, social, cultural e ambiental (BARRO et al., 2008).

Mendonça (1993) assevera que a controvérsia em torno do conceito de Desertificação é fato bastante conhecido, sendo que a maioria dos estudiosos deste fenômeno o relaciona, sobretudo aos aspectos climáticos das áreas, sendo que estas apresentam tendência ao aquecimento e irregularidade das precipitações; outros fatos também se relaciona ao fenômeno, tais como a redução da cobertura vegetal, rebaixamento do nível piezométrico, erosões, salinização do solo, queda da produtividade agrícola, etc.

Para Goudie (1990) o processo de desertificação é uma alteração na biomassa com deterioração acelerada do solo, responsabilizando as atividades humanas e o fator climático como principais agentes de modificação. Para o referido autor, o excesso de monocultura, o superpastoreio, a salinização e o desmatamento são causas associadas à ocorrência do processo de desertificação.

De acordo com Mendonça; Danni-Oliveira (2007), a palavra desertificação é usada para descrever a degradação de vários tipos de formas de vegetação, incluindo áreas florestadas subúmidas e úmidas, que nada tem a ver com desertos, sejam físicos ou biológicos. Enquanto que a desertização diz respeito às expressões de paisagens e formas tipicamente desérticas, de área onde isso não ocorria em passado recente; tal processo localiza-se nas margens de desertos sob médias anuais de precipitação entre 100 e 200 mm com limites extremos entre 50 e 300 mm.

A desertificação foi um dos primeiros problemas a atraírem a atenção internacional, bem antes dos temas que hoje dominam a agenda ambiental. Trata-se, no entanto, de um conceito muitas vezes enganador. A imagem popular de dunas de areia em expansão encobre muito da essência do problema, que pode estar ocorrendo a milhares de quilômetros de distância dos limites dos desertos (HERACLIO DO REGO, 2012).

Segundo Verdum et. al. (2002), no que se refere às bases conceituais do processo denominado de desertificação, duas formulações são consideradas:

- a) a evolução bioclimática que tende a transformar uma região em deserto;

b) as intervenções da sociedade que aceleram a substituição de uma paisagem vegetal em outra abiótica com uma geodinâmica nova.

Para Barry; Chorley (2013), a definição meteorológica de seca se torna nebulosa com o tema da desertificação. Acredita-se que a remoção da vegetação, que aumenta o albedo superficial e reduz a evapotranspiração, resulte em menor pluviosidade. O problema para os climatologistas é que a desertificação envolve mais degradação da terra como resultado das atividades humanas, especialmente em áreas de savana e estepe ao redor das principais regiões desérticas.

Heraclio do Rego (2012) salienta que a desertificação e a seca são fenômenos globais, e representam problemas ambientais com impactos sociais e econômicos devastadores. Fazem parte, nesse sentido, de uma agenda global e podem ser comparados a outros fenômenos de dimensão internacional de muito maior repercussão na imprensa, nos foros multilaterais e outros, tais como as mudanças climáticas e a perda da biodiversidade.

Conti (1989) estabelece duas modalidades para o processo de desertificação: a climática e a ecológica. Na modalidade climática a causa é variabilidades nos padrões climáticos levando a uma deficiência de água no sistema natural. Essas mudanças podem ser resultantes de fenômenos naturais como desencadeadas pela ação antrópica ou, ainda, decorrer da combinação de ambos. Quanto à modalidade ecológica, o autor aponta o crescimento demográfico e a pressão sobre os recursos como geradores de condições semelhantes as dos desertos (Quadro 1).

Associada a modalidade de desertificação ecológica, a arenização enquadra-se também nesse contexto de termos designados aos processos de degradação ambiental. Apesar de apresentar uma dinâmica similar ao processo de desertificação, tal fenômeno se distingue, sobretudo pela ausência de escassez hídrica em suas áreas de ocorrência.

Suertegaray (1992) ao estudar o processo de degradação ambiental, expansão dos areais, no sudoeste do Rio Grande do Sul, considerou-se inadequado o uso do termo “desertificação”. A autora afirma que a região estudada não apresenta características de aridez, a região tem abundância hídrica, as precipitações médias se situam em torno dos 1400 mm, a região apresenta áreas que se caracterizam pela ausência de cobertura vegetal, constituindo, visualmente, extensas áreas de solo (arenoso) descoberto.

Quadro 1- Modalidades de Desertificação.

Modalidades	Climática	Ecológica
Conceitos	Diminuição de água no sistema natural.	Criação de condições semelhantes às do Deserto.
Avaliação	Índice de aridez.	Empobrecimento da biomassa.
Indicadores	1- Elevação da temperatura média; 2- Agravamento do déficit hídrico; 3- Aumento do escoamento superficial (torrencialidade); 4- Intensificação da erosão eólica; 5- Redução das precipitações; 6- Aumento da amplitude térmica diária; 7- Diminuição da Umidade Relativa (UR) do ar.	1- Desaparecimento de árvores e arbustos; 2- Aumento das espécies espinhosas; 3- Elevação do albedo, ou seja, maior reflectância na faixa do infravermelho; 4- Mineralização do solo com perda de húmus em encostas com mais de 20 graus de inclinação; 5- Forte erosão do manto superficial com formação de voçorocas; 6- Invasão massiva das areias.
Causas	Mudanças nos padrões climáticos.	Crescimento demográfico e pressão sobre os recursos.
Exemplos	Oscilações dos cinturões áridos tropicais durante as glaciações do Quaternário.	1- Desertificação das regiões periféricas do Saara (Sahel); 2- Pontos de desertificação do sul do Brasil (RS, PR).

Fonte: José Bueno Conti (1995).

Segundo Conti (2008), a pesquisadora brasileira Dirce Suertegaray propôs, muito apropriadamente, o termo *arenização* para o processo de afloramento e expansão de areias, dinamizado pela ação eólica, presente nos municípios gaúchos de Quareí, Cacequi, Alegrete e Itaqui, todos na região da Campanha (SUERTEGARAY, 1987), de clima úmido, cujas médias anuais de precipitação oscilam entre 1.400 e 1.500 mm anuais.

Para Peres Filho (2003), a arenização é provocada pelo uso inadequado da terra, decorrente da ação do Homem, compreendendo manchas expostas, constituídas de areais (grãos de quartzos), localizadas em diversas áreas do território brasileiro.

De acordo com Suertegaray (1992), a arenização no estado do Rio Grande do Sul, é um processo natural causado pela litologia geológica (arenitos), feições de solos (arenosos), a intensa mobilidade de sedimentos oriundos de chuvas intensas e o escoamento superficial concentrado. Assim, a região apresenta suscetibilidade natural para a ocorrência de processos erosivos, porém são intensificados, devido às práticas inadequadas de uso e manejo do solo.

Destarte, apesar de algumas divergências conceituais, faz-se necessária distinção de tais termos, tendo em vista as particularidades dos processos, e seus específicos modos de enfrentamento. Ademais, deve-se salientar o uso do termo desertificação no presente estudo,

pois compreende-se que o mesmo apreende o processo de degradação ambiental em região semiárida.

1.5 Degradação ambiental

Atualmente a degradação ambiental está fortemente ligada a fatores de uso e ocupação do solo, uma vez que as formas de ocupação e manejo ocasionam o tipo e o grau de impacto, o qual atinge de maneira diferente o ambiente, seja o solo, o ar ou a água (NOGUEIRA DE SOUZA, 2003).

Lima e Roncaglio (2001) afirmam que a expressão degradação ambiental qualifica os processos resultantes dos danos ao meio ambiente qualquer lesão ao meio ambiente causada por ação de pessoa, seja ela física ou jurídica, de direito público ou privado, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Nesse sentido, a degradação ambiental é mais ampla que a degradação dos solos, pois envolve não só a erosão dos solos, mas também a extinção de espécies vegetais e animais, a poluição de nascentes, rios, lagos e baías, o assoreamento e outros impactos prejudiciais ao meio ambiente e ao próprio homem (GUERRA, 1998).

Embora a degradação dos solos não seja a única forma de degradação ambiental, os processos associados à perda do potencial produtivo dos solos são os principais responsáveis pela problemática da degradação ambiental em todo mundo. Resultando, sobretudo de ações predatórias sobre os recursos naturais.

Guerra (2014) salienta que a perda de solo não quer dizer necessariamente que a terra desapareça, embora localmente isso possa acontecer, devido a transformação marinha, ou erosão de áreas costeiras. Normalmente significa a deterioração das suas propriedades químicas e físicas, de modo que o solo deixa de ser produtivo.

De acordo com Araujo et al. (2013), a degradação das terras envolve a redução dos potenciais recursos renováveis por uma combinação de processos agindo sobre a terra. Tal redução tem levado ao abandono da terra (como, por exemplo, partes do Saara que eram habitadas até 6.000 anos), e pode ocorrer por processos naturais, tais como o ressecamento do clima atmosférico, processos naturais de erosão, alguns outros de formação do solo ou uma invasão de plantas ou animais nocivos. Pode ocorrer também por ações antrópicas diretamente sobre o terreno.

Segundo Araujo et al. (2013), a degradação ambiental pode ser provenientes, por exemplo, das condições atmosféricas adversas que vem sendo introduzidas pelo homem, provocando uma mudança no clima, em suas diversas escalas. Ou pode ser proveniente da própria cobertura vegetal e da população animal (densidade e diversidade), por meio da ação direta do homem e agravada por períodos de seca, de natureza mais ou menos cíclica (Sahel, sudeste da África e nordeste do Brasil).

Para Guerra (2014), diversos são os fatores causadores da degradação do solo, atuando de forma direta ou indireta, mas quase sempre a grande maioria das terras degradadas inicia esse processo com o desmatamento, que pode ser seguido por diversas formas de ocupação desordenada, como: o corte de taludes para a construção de casas, rodovias e ferrovias, agricultura, com o uso de queimada, vários tipos de mineração, irrigação excessiva, crescimento desordenado das cidades, superpastoreio, uso do solo para vários tipos de despejos industriais e domésticos, sem tratamento da que recebe esses despejos; enfim de uma forma ou de outra, os solos tornam-se degradados, sendo muito difícil ou até impossível sua recuperação

O processo de degradação ambiental apresenta diferentes formas, porém a mais conhecida é a erosão dos solos. A erosão dos solos causa uma grande perda da camada superficial do solo, recurso vital ao desenvolvimento da agricultura. Em contrapartida, a formação dos horizontes superficiais do solo é demorada.

De acordo com Fellen e Catt (2004), a degradação dos solos cobre uma série de processos complexos, que incluem erosão (tanto pela água como pelo vento), a expansão das condições ligadas aos desertos (chamada de desertificação), o movimentos de massa, a contaminação dos solos, como por exemplo a acidificação e a salinização.

Para Araujo et al. (2013), a degradação das condições do solo é muito mais séria, no sentido de que não é facilmente reversível, uma vez que processos de formação e regeneração do solo são muito lentos.

De acordo com Rocha (1997), a possibilidade de degradação ambiental está diretamente relacionada aos conflitos verificados em uma dada área. O uso indiscriminado dos recursos naturais associado aos conflitos figuram entre os maiores responsáveis pelas erosões, assoreamento de rios, barragens e açudes, enchentes e efeitos decorrentes de estiagens.

Araujo et al. (2013), destacam que geralmente, quando o clima e as atividades humanas se combinam tornando um solo anteriormente sadio em área devastada, a degradação aparentemente é irreversível, como é o caso do processo de desertificação.

O conceito de degradação das terras se refere à deterioração ou perda total da capacidade dos solos para o uso presente e futuro (FAO, 1980). Segundo Araujo et al. (2013), tais perdas ocorrem principalmente por causa das principais formas de erosão (pelo vento e pela água) e das deteriorações químicas e física.

No que diz respeito a erosão, a forma mais comum é a perda da camada superficial do solo pela ação da água e/ou do vento. O escoamento superficial da água carrega a camada superficial do solo; isso ocorre sob a maioria das condições físicas e climáticas. A perda dessa camada do solo reduz a fertilidade porque: conforme o solo se torna mais fino, fica menos penetrável às raízes pode se tornar superficial demais a elas; reduz-se a capacidade do solo de reter a água e torná-la disponível às plantas, e os nutrientes para as plantas são levadas com as partículas erodidas. Outra forma mais extrema de erosão é a deformação do terreno, causada por ravinas e voçorocas (ARAÚJO et al., 2013).

Assim, a degradação ambiental pode ser conceituada como qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental. Portanto, a degradação ambiental corresponde a um impacto ambiental negativo (SÁNCHEZ, 2008).

Portanto, tendo em vista o impacto negativo associado às modalidades de degradação ambiental, pode-se destacar que outro tipo de degradação é a deterioração química dos solos, que pode consistir em perda de nutrientes do solo (principalmente nitrogênio, fósforo e potássio) ou matéria orgânica. Tais nutrientes se perdem em grande parte devido à erosão. Dentro dessa modalidade, a salinização ou concentração de sais nas camadas superiores do solo também apresenta considerável contribuição. Esse tipo de desgaste do solo ocorre devido: manejo mal realizado da irrigação ou alta concentração de sais na água de irrigação, ou atenção indevida a drenagem, levando a rápida salinização dos solos, especialmente em regiões áridas, onde as taxas de evaporação estimulam esse processo. (ARAÚJO et al., 2013).

Dentro da deterioração física, são três os tipos de processos mais conhecidos, a saber, compactação do solo, frequentemente resultante do uso de máquinas pesadas em solos instáveis ou pisoteio do gado; selamento e encrostamento, geralmente causado pelo impacto das gotas da chuva. Nessa tipologia, enquadra-se a elevação do lençol freático até a zona

radicular das plantas, causada pela entrada excessiva de água em relação a capacidade de drenagem do solo, sendo típico em áreas irrigadas, e a subsidência, que é o rebaixamento da superfície da terra, dos solos orgânicos, que podem ser causados pela drenagem e oxidação (ARAUJO et al., 2013).

Outro tipo de degradação ambiental é o processo de desertificação. Embora apresente processos iguais à degradação ambiental, a desertificação distingue-se por ocorrer em áreas de escassez hídrica, que dificultam a regeneração dos sistemas ambientais. Apesar de ser um processo de degradação ambiental, a desertificação apresenta impactos com pouca probabilidade de recuperação, é o aspecto extremo da degradação ambiental.

Stipp (2006) afirma que em áreas onde o solo foi degradado, se não forem adotadas medidas que eliminem as causas dessa degradação pode tornar-se desertificado, isto é, ter a sua fertilidade exaurida, além de perder a capacidade de retenção de água indispensável ao desenvolvimento da vegetação.

Os fatores causadores da degradação do solo apresentam diferentes funções, alguns causam a degradação direta; outros simplesmente permitem a ação do anterior. Por exemplo, no caso a erosão, a causa direta é a ação da água ou do vento. Essa ação é possível por uma série de condições tanto antrópicas (desmatamento, corte de encostas, etc.) quanto naturais (declividade, textura do solo, etc.).

Nesse sentido, os fatores causadores relacionados as atividades humanas podem ser classificados em cinco grandes categorias: **Desmatamento** para agricultura ou pastagens em grande escala; **Superpastoreio** (destrói a cobertura do solo, causa compactação e acelera a invasão de espécies arbustivas indesejáveis); **Atividades agrícolas**, o manejo inadequado da terra inclui o cultivo de solos frégeis, pousio reduzido, uso indiscriminado do fogo, práticas essas que resultam na exportação de nutrientes do solo; **Superexploração** da vegetação para uso doméstico (uso da vegetação como combustível, cercas, etc, onde a vegetação remanescente não fornece mais proteção suficiente contra a erosão do solo); e atividades industriais que causam poluição (ARAUJO et al., 2013) .

Além dos fatores supracitados, a pressão da população sobre os recursos, e os níveis tecnológicos atuam na aceleração da degradação ambiental. Enquanto a população de alguns países cresceu vertiginosamente, os níveis tecnológicos de tais nações continuaram estagnados, aumentando assim as pressões sobre os recursos naturais.

Se as propriedades menores ocupam as áreas marginais, mais vulneráveis, como encostas íngremes ou solos mais pobres, com necessidade de pousios mais longos ou adubação, tais áreas não somente serão desnecessariamente colonizadas, mas também serão provavelmente superexploradas, já que seus ocupantes não podem se dar ao luxo de evitar o uso de recursos naturais. Os respectivos pesos da pressão demográfica e a injustiça social, causando a fragmentação da terra, variam de local para local, certamente ambos os aspectos são disseminados por todo o mundo (ARAUJO et. al., 2013, p.46).

Ademais, segundo Guerra (1998), a degradação ambiental é, por definição, um problema social. Portanto, um problema que compete a todas as pessoas que compõem a sociedade o tratarem de maneira ética, séria e com comprometimento social, com o intuito de promover a melhoria da qualidade de vida das populações.

Numa perspectiva sistêmica Apolinário (2014), destaca que várias são as formas de degradação, sendo que esta não atinge apenas um elemento da paisagem (geologia, geomorfologia, solos, vegetação, hidrografia, fauna), pois todos esses elementos estão interconectados uns com os outros, formando um único sistema aberto, ligado por fluxos de energia e matéria presentes no meio ambiente.

Assim, conjugados aos níveis tecnológicos, a estrutura agrária e pobreza contribuem para o agravamento da degradação ambiental. A injusta distribuição das terras, que condiciona a utilização de pequenas parcelas de terras, muitas vezes localizadas em áreas ambientalmente mais frágeis, com solos com restrições de fertilidade, pelos pequenos produtores favorece uma maior superexploração e deterioração dos solos e, por conseguinte, torna essa população mais vulnerável as consequências da degradação ambiental.

1.6 Risco, suscetibilidade e vulnerabilidade

A literatura sobre os conceitos de risco, susceptibilidade e vulnerabilidade apresenta uma gama de compreensões, tanto convergindo como divergindo teoricamente. Tal confusão conceitual é atribuída, sobretudo, as múltiplas áreas envolvidas nos estudos pertinentes à temática dos riscos e processos associados.

Para Nogueira (2002), esse movimento turbulento de construção de um campo conceitual, é característico e essencial para a configuração de um campo multidisciplinar do conhecimento, como é a ciência dos riscos.

Portanto, tendo em vista a multiplicidade de conceitos, e a confusão teórica associada ao emprego indevido dos termos, faz-se necessária uma breve revisão a fim de esclarecer a compreensão dos referidos conceitos, denotando qual concepção norteará o presente trabalho.

Ao longo de sua história na terra, o homem sempre esteve exposto a condições de perigos associados à natureza. Contudo, a partir da evolução da espécie humana, sobretudo devido ao crescimento populacional e a conseqüente pressão sobre os recursos naturais, as exposições aos perigos associados à natureza aumentaram, originando assim condições adversas de risco, susceptibilidade e vulnerabilidade ambiental.

O risco é considerado como probabilidade de ocorrência de acontecimento danoso, enquanto perigo corresponde à proximidade da manifestação do risco e crise é a manifestação do risco fora do controlo do Homem (L. FAUGÈRES, 1990; F. REBELO, 2003 e 2005).

Segundo Rebelo (2008) são muitos os riscos, mas em todos há uma componente estranha ao querer do Homem e uma outra componente que é a exposição do próprio Homem à primeira. No entanto, mesmo na que lhe é estranha e que pode ter uma origem natural, o Homem chega a ser responsabilizado por ações conscientes ou inconscientes que lhe venham a conferir maior intensidade. A vulnerabilidade, por seu lado, é, totalmente, criada por si.

Nesse sentido, dentro do estudo dos riscos pode-se encontrar diversas tipologias de análise, de acordo com Saito (2004) tem-se: riscos biológicos, os quais se referem à proliferação de bactérias ou de outros vetores de doenças; riscos físico-químicos, ao se tratar de contaminação da água, ar e solo e as conseqüências ao homem e suas atividades; riscos tecnológicos, como contaminação industrial; riscos morfoclimáticos, como secas e os riscos naturais, terremotos e erupções vulcânicas e suas implicações sociais e institucionais.

De acordo com Cunha e Dimuccio (2002), podemos dizer que com base na conhecida fórmula que traduz a noção composta do risco, o estudo dos riscos naturais implica a análise integrada de dois conjuntos de fatores, os fatores ligados à dinâmica natural do Meio, que configuram o conceito de hazard, para os cientistas de língua inglesa, e de aléas para os de língua francesa, e os fatores ligados à diferente vulnerabilidade das populações, decorrente não só das características demográficas, mas sobretudo do seu poder econômico, do seu modo de organização política ou do seu estatuto social e cultural.

Segundo Alheiros (1999), para a avaliação do risco em uma determinada situação, alguns elementos devem ser considerados, particularmente a suscetibilidade da área ao tipo de desastre em foco e a vulnerabilidade dos sistemas ali existentes.

Bitar (2015) conceitua a suscetibilidade como a propensão ao desenvolvimento de um fenómeno ou processo do meio físico em uma dada área. Do mesmo modo, para Zêzere et al. (2004) o termo suscetibilidade refere-se a possibilidade espacial de ocorrência de um

determinado fenômeno numa dada área com base em fatores condicionantes do terreno, independentemente do seu período de recorrência.

De acordo com Alheiros (2009) nos estudos para a suscetibilidade são considerados os fatores relacionados ao desencadeamento de eventos e, para a vulnerabilidade, são definidas as perdas potenciais que se darão por ocasião do acidente.

Dias (2002 *apud* Pfaltzgraff 2007), utiliza os termos perigo natural e suscetibilidade como sinônimos, adotando a mesma definição do American Geological Institute-AGI, ou seja: “... é a probabilidade de ocorrência de fenômeno potencialmente prejudicial em um determinado período de tempo e numa dada área.”.

Podem ser definidos dois tipos de suscetibilidades: a natural e a induzida. Assim, a suscetibilidade natural estaria associada aos condicionantes biofísicos do ambiente, enquanto a suscetibilidade induzida seria o agravamento destes pelo uso do território pelas atividades humanas, que podem agravar a fragilidade do ambiente.

De acordo com Pfaltzgraff (2007), a suscetibilidade natural deve ser avaliada com base nas propriedades geológicas e pedológicas, nas características geomorfológicas de declividade, altura, extensão e perfil das encostas, morfometria e distribuição espacial da drenagem nas micro-bacias. Além disso, fatores climáticos como a pluviosidade e biológicos, como a cobertura vegetal (com seus tipos e espécies diversas, densidade e grau de cobertura do terreno), fazem parte dessa avaliação.

Tominaga (1998) avalia a suscetibilidade natural com base nas características do substrato geológico, na geomorfologia nos condicionantes climáticos e na cobertura vegetal. Na avaliação da suscetibilidade induzida à referida autora utiliza a classificação das unidades e elementos contidos no mapa de uso e ocupação do solo.

Para Pfaltzgraff (2007), é fundamental uma perfeita distinção entre a suscetibilidade natural cujo estudo apresenta um caráter eminentemente preventivo e, serve como ferramenta para planejamento da ocupação de áreas ainda livres, da suscetibilidade induzida. Esta última representa, basicamente, a probabilidade de ocorrência de processos geológicos, conforme o uso antrópico e respectivas funções sócio-econômicas dadas a uma determinada área já ocupada ou, com uso pré-definido.

As condições de risco e suscetibilidade quando associadas a diferentes capacidades de resposta da população, influenciados por condicionantes sociais, culturais e econômicos caracterizam distintos níveis de vulnerabilidade.

Portanto Zuquete (1993) conceitua vulnerabilidade como “característica intrínseca de um sujeito, sistema ou elemento que estão expostos a um evento perigoso (hazard), correspondendo à predisposição destes em serem afetados ou suscetíveis a perdas.

Para Kaztman (2000, p. 7), vulnerabilidade é “a incapacidade de uma pessoa ou de um domicílio para aproveitar-se das oportunidades, disponíveis em distintos âmbitos socioeconômicos, para melhorar sua situação de bem-estar ou impedir sua deterioração”.

Segundo a CEPAL (2002) a vulnerabilidade é a condição de exposição a riscos, articulada com possibilidade de controlar os efeitos da materialização do risco, ou seja, a capacidade de cada indivíduo, família ou comunidade de enfrentar os riscos, mediante uma resposta endógena ou através de um apoio externo. A incapacidade para dar respostas pode ser resultado da incapacidade de enfrentar os riscos ou pela inabilidade de adaptar-se ativamente à situação.

A vulnerabilidade é uma noção multidimensional, à medida que afeta indivíduos, grupos e comunidade em planos distintos de seu bem-estar, de diferentes formas e intensidade. Deste modo, a vulnerabilidade social é entendida como uma “combinação de fatores que possam produzir uma deterioração de seu nível de bem-estar, em consequência de sua exposição a determinados tipos de riscos (COSTA, 2009).

Para Costa (2009, p.145) são vulneráveis as pessoas que por “condições sociais, culturais, étnicas, políticas, econômicas, educacionais e de saúde têm as diferenças estabelecidas entre eles e a sociedade envolvente, transformadas em desigualdade”.

Segundo Sant’anna Neto (2011, p.48), a vulnerabilidade descreve o grau com que um sistema natural ou social é suscetível de suportar ou não os efeitos adversos, considerando o seu nível de exposição, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação.

Ademais, tendo em vista a diversidade conceitual dos termos supracitado, e o conteúdo inerente aos mesmos, optou-se por utilizar a suscetibilidade como termo balizador desta pesquisa, embora não anulemos o uso dos outros termos. Portanto, nesse trabalho, o conceito de susceptibilidade à desertificação, é entendido como uma característica inerente do ambiente, representada pela fragilidade ambiental em relação ao desencadeamento dos processos de desertificação, que pode ser fortemente influenciada pelas derivações antropogênicas.

1.7 O processo de desertificação no semiárido brasileiro

As regiões áridas e semiáridas espalham-se por todos os continentes do globo, ocupando 1/3 de toda a superfície da terra e abrigando cerca de 1/6 de toda a população, sendo estas as áreas mais propícias ao desenvolvimento do processo de desertificação, que consiste na degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante tanto das variações climáticas, como das derivações antropogênicas.

O termo “Desertificação” foi utilizado pela primeira vez na literatura científica em 1949, na publicação “*Climates Forest et Desertification de L’ Afrique Tropicale*” por André Aubreville, francês estudioso dos problemas ambientais na África Tropical e Subtropical, para expressar a regressão da selva equatorial africana pelos usos abusivos, incêndios e roças para a transformação campos de cultivos em pastos, cujos resultados foram à exposição do solo, a erosões hídrica, eólica e conversão de terras biologicamente produtivas em desertos (AUBREVILLE, 1949).

O reconhecimento, por parte da comunidade internacional, da existência de processos de desertificação em escala global vem-se constituindo em crucial desafio para todos os países e, em especial, para aqueles em desenvolvimento (MATALLO JUNIOR, 2001).

Nesse sentido, para Matallo Junior (2001), tal desafio diz respeito, de um lado, a aspectos práticos com os quais as populações convivem e os governos devem enfrentar enquanto formuladores de políticas públicas e, de outro, com aspectos teóricos e metodológicos da mais alta importância, pois são aspectos que possibilitam a compreensão e dimensionamento do problema para a adequada conscientização dos diferentes atores sociais, para a formulação das políticas públicas e para a tomada de decisões.

Dentre outros países, o Brasil apresenta parte do seu território susceptível à ocorrência desse tipo de fenômeno, tendo em vista a prática de determinados usos do solo em condições de climas secos, presentes num vasto território da Região Nordeste e numa pequena porção da Região Sudeste (figura 2), localizada ao norte do Estado de Minas Gerais e nordeste do Espírito Santo (BRASIL, 2004).

As áreas Susceptíveis à Desertificação – ASD não só englobam espaços climaticamente caracterizados como semiáridos e subúmidos secos, mas também, áreas onde as características ambientais sugerem a ocorrência de processos de degradação tendentes a transformá-las em áreas também sujeitas à desertificação caso não sejam ali adotadas medidas de preservação e conservação ambiental (SOBRINHO, 2005).

O espaço compreendido pelo domínio das caatingas é a área mais afetada pelo desencadeamento dos processos de desertificação dentro do território brasileiro. Segundo Ab'saber (2003) dentre os três espaços semiáridos da América do Sul, a região seca do Nordeste brasileiro é a mais homogênea, tanto do ponto de vista fisiográfico, como ecológico e social.

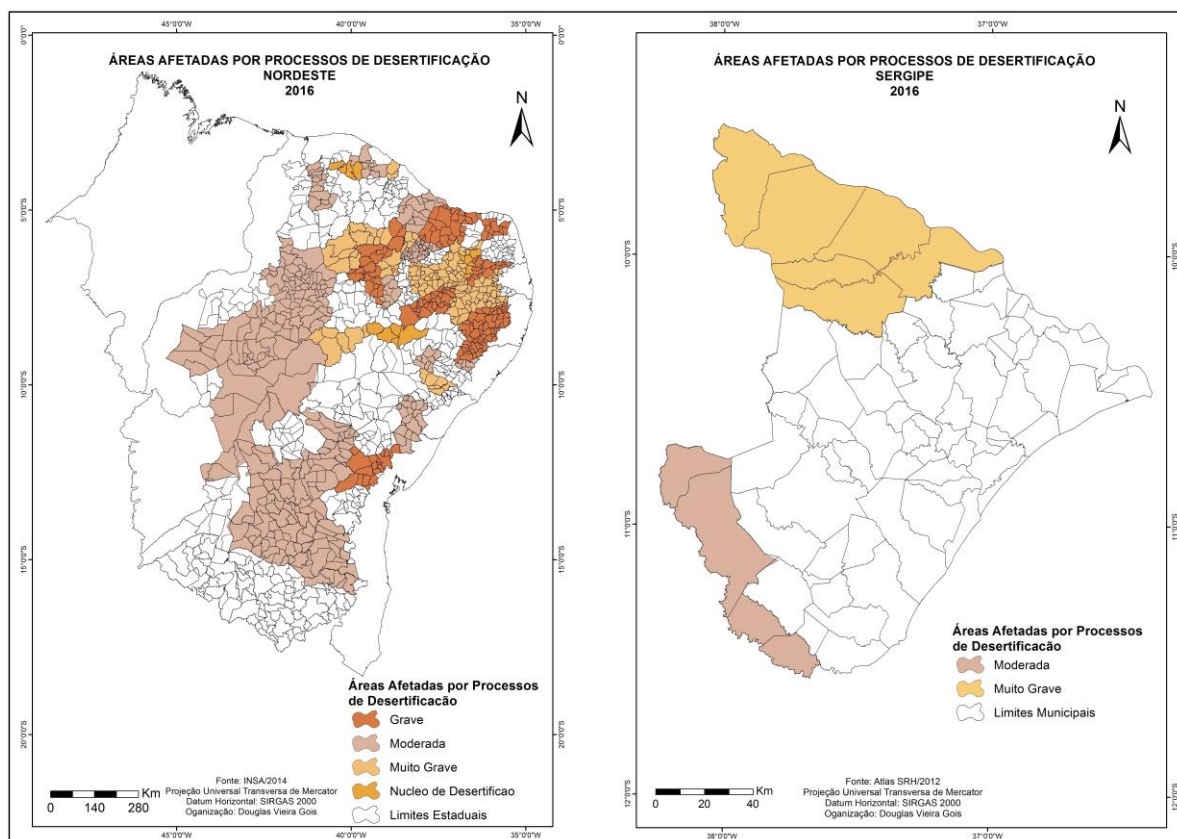


Figura 2- Áreas afetadas pelos processos de desertificação no Nordeste do Brasil e no estado de Sergipe.

Portanto, tendo em vista o cenário vulnerável dos condicionantes geoambientais do semiárido brasileiro, e os impactos advindos do desencadeamento dos processos de desertificação, tanto do ponto de vista natural, quanto do socioeconômico, como a erosão e perda da fertilidade dos solos, e seus reflexos sobre o desenvolvimento das atividades produtivas da população, a desertificação emergiu como um problema a ser enfrentado pela comunidade nordestina.

Nesse contexto, no Brasil, a preocupação com a problemática da desertificação surgiu com o trabalho de Duque em 1953. O referido autor utilizou o termo “**deserto econômico**”,

para tratar dos problemas da miséria e da fome que eram consequências da degradação dos solos da região Nordeste e da perda do seu potencial produtivo (DUQUE, 1953).

Entretanto, a existência dos processos de desertificação no Brasil começou a ser discutida com mais intensidade a partir de 1977, com os trabalhos do professor Vasconcellos Sobrinho. Posteriormente foram elaborados estudos por diferentes pesquisadores e em vários Estados da Região Nordeste do Brasil, nos anos de 1978 e 1979, trabalhos estes, que foram apoiados pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), (RODRIGUES, 1995).

Na região Nordeste do Brasil, diversos são os trabalhos realizados sobre os processos de desertificação, onde podemos citar: Vasconcelos Sobrinho (1978 e 1982), Aziz Ab'saber (1977), Edmon Nimer (1980), Monteiro (1988), Ferreira et al.(1994), Conti (1995), Sales (1998), Freire e Pacheco (2005), Andrade et al.(2007), Souza(2007).

O climatologista Edmon Nimer (1980) publicou junto ao Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), um trabalho pioneiro no zoneamento de áreas predispostas à desertificação no Brasil. Uma rica discussão das questões climáticas relacionadas à desertificação. Baseado em dados climáticos apresenta o Mapa de Zoneamento sistemático de áreas mais predispostas à desertificação.

Segundo Aquino (2010) o referido trabalho de Nimer constitui-se referência nos estudos de desertificação no Brasil, posto seu pioneirismo na elaboração de um mapa com a indicação das áreas mais predispostas a desertificação no Brasil. Para a realização do trabalho, o autor utilizou dados relativos a duração e época de ocorrência dos períodos secos e a variabilidade pluviométrica.

Ferreira et al. (1994) sugeriram 19 indicadores de desertificação a partir de metodologia proposta por Rodrigues et al. (1992), a saber: densidade demográfica; sistema fundiário; mineração; qualidade da água; salinização; tempo de ocupação; mecanização; estagnação econômica; precarização; erosão; perda de fertilidade; áreas de preservação; defensivos agrícolas; área agrícola; bovinocultura; caprinocultura; ovinocultura; evolução demográfica; e suscetibilidade a desertificação. A presença de um maior número de indicadores evidenciava maior Suscetibilidade a Desertificação a nível de microrregião.

Na Geografia, um dos mais relevantes estudos sobre a desertificação no semiárido nordestino, é o do Ab'Saber (1977). O referido autor, em seu trabalho intitulado como **Problemática da desertificação e da savanização no Brasil Intertropical**, embasado numa

perspectiva sistêmica, classificou nove geotópos áridos, a saber: Altos Pelados, Vales e Encontas Secas, Lajedos-Mares de Pedra, *inselbergs* e campos de *inselbergs*, áreas de Paleodunas Quaternárias, Áreas de Topografias Runeiformes e Cornijas Rochosas Desnudas com Aridez Rochosas Característica, Áreas de Revolvimento Anômalo da Estrutura Superficial da Paisagem, Malhadas ou Chãos Pedregosos e Áreas Degradadas por Raspagem ou Empréstimo de Terra. Ab'Saber salienta que, tais geotopos resultam tanto da predisposição geocológica, como pode ser resultante, ou acentuada pelas ações antrópicas.

Ab'Saber (1977) define como processos parciais de desertificação, todos aqueles fatos pontuais ou areolares, suficientemente radicais para criar degradações irreversíveis da paisagem e dos tecidos ecológicos naturais. Mesmo reconhecendo que as áreas úmidas e faixas de transição sofreram mais degradação ambiental, é no Nordeste seco que aparecem feições de degradação pontuais facilmente reconhecíveis.

No campo da climatologia, Conti (1995) em sua tese de livre docência defendida junto ao departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, intitulada **Desertificação nos Trópicos: Proposta de Metodologia de Estudo aplicada ao Nordeste Brasileiro**, propõe a aplicação da metodologia estatística de estudos das séries temporais, aplicada aos dados de precipitação pluviométrica, com o objetivo de encontrar tendências, ciclicidades e indicadores da variabilidade interanual que indiquem processos de desertificação climática.

Conti (1995) concluiu que há um agravamento da seca, ou seja, diminuição das chuvas nas seguintes áreas: o setor rebaixado do sertão dos Inhamuns (Ceará), no baixo São Francisco (Bahia, Sergipe e Alagoas), na vertente a sotavento da chapada Diamantina (Bahia), e alguns exemplos pontuais em outros Estados.

Neste estudo, o referido geógrafo inclui em suas análises, algumas series de dados climáticos para o estado de Sergipe, concluindo que Itabaiana e Propriá, compõem vértices de um polígono de aproximadamente 20 mil km², localizada na porção deprimida correspondente à bacia média inferior do São Francisco, em cujo interior figuram mais quatro localidades com tendência negativa de precipitação (Curralinho-SE, Mocambo-SE, Traipu-AL e Pão de Açúcar-AL).

Ainda dentro do campo geográfico, embasado numa perspectiva sistêmica, Monteiro (1988) analisa os planaltos secos situados nas divisas entre Ceará, Paraíba e Pernambuco, enfatizando a relação entre o habitante do sertão e seu meio, dividindo a área em sete geossistemas (ou unidades ambientais). De forma distinta, o autor esboça um panorama das

relações entre o quadro natural, as atividades socioeconômicas, com todas as implicações políticas envolvidas na questão da desertificação. Para Monteiro, o homem é encarado tanto como vítima, quanto criador do processo de desertificação.

Aquino (2010) assevera que, coube a Sales (1998) o pioneirismo na identificação de unidades geoambientais no Núcleo de Desertificação de Gilbués, área no estado do Piauí indicada pelo Ministério do Meio Ambiente como suscetível à desertificação. A autora (*Op.Cit.*), em seu trabalho, caracteriza as unidades geoambientais da área de estudo, em seguida apresenta as limitações das mesmas. O referido trabalho, eminentemente geográfico fornece subsídios para o planejamento ambiental de Gilbués.

Coube a Lombardo; Carvalho (1979), o pioneirismo no trabalho baseado em interpretação de imagens de satélite e integração dos dados geocológicos para o estudo da desertificação. Com o trabalho intitulado, **Análise Preliminar das Potencialidades das Imagens LANDSAT para Estudo de Desertificação**, a partir da interpretação visual e digital de imagens de satélite, os autores definiram 11 unidades ambientais e seu grau de risco à desertificação.

Freire & Pacheco (2005) empregando o Índice de Vegetação por diferença Normalizada (NDVI) como um indicador de desertificação, avaliaram a diminuição da cobertura vegetal da caatinga e o avanço do solo exposto na região de Xingó. Constataram um aumento de 91,3% de solo exposto no período de 1989 e 2003, evidenciando assim problemas relacionados à desertificação.

Sousa et al. (2007), a partir do emprego de processamento digital de imagens, avaliaram o processo de degradação/desertificação das terras e as vulnerabilidades do município de Cabaceiras – Paraíba.

Andrade et al. (2007) empregando técnicas de sensoriamento remoto, a partir do emprego do NDVI identificaram áreas em processo de desertificação no município de Serra Branca – Paraíba.

Atualmente, os estudos sobre desertificação no Nordeste do Brasil, em sua maioria, são desenvolvidos em áreas piloto, localizadas, sobretudo nos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí. Contudo, deve-se salientar a vulnerabilidade de outras áreas susceptíveis a tal processo dentro do domínio semiárido brasileiro, haja vista seus quadros geoambientais vulneráveis. Portanto, torna-se importante a realização de estudos sobre a fragilidade

ambiental de tais áreas, tendo em vista o impacto da desertificação no desenvolvimento das atividades produtivas da população residente nas áreas por ela afetada.

No estado de Sergipe, mesmo contendo uma parcela considerável do seu território classificada como de grave risco ao processo de desertificação, o território do Alto Sertão do estado, parques são os estudos sobre os processos que engendram a degradação de suas terras. Os estudos realizados são pontuais e em certo ponto generalistas, não apresentando análises detalhadas e complexas para a detecção dos processos de desertificação e, por conseguinte, que auxiliem na recuperação das áreas degradadas pela ação deste processo.

Portanto, a realização de estudos de detalhe, numa perspectiva integradora, com base em indicadores e metodologias adequadas torna-se imperativo. Nesse contexto, o município de Poço Redondo, localizado no território do Alto Sertão de Sergipe, por possuir um quadro geoambiental vulnerável, estando numa área *core* do território susceptível a desertificação em Sergipe, apresenta-se como área piloto para o desenvolvimento de estudos sobre a desertificação.

1.8 Indicadores de desertificação

Remonta da antiguidade o interesse humano de recorrer à indicadores para poder entender o estado atual da natureza ou para prognosticar episódios futuros. As sociedades primitivas usaram indicadores como migração sazonal de animais ou período de floração de plantas, ou até a vazão dos rios para obter informações sobre mudanças no ambiente.

Segundo Niemi et al.(2004), o interesse no uso de indicadores ecológicos aumentou nos últimos 40 anos, acompanhando a necessidade crescente do desenvolvimento de estratégias de conservação e restauração dos ecossistemas. Muito provavelmente, tal ampliação no uso de meios para monitorar a condição dos ambientes, frente aos intensos impactos advindos das atividades humanas, sobretudo na segunda metade do século XX.

Para Moura et al. (2005), um indicador constitui-se em um instrumento na análise de determinadas realidades, fornecendo informações que possam proporcionar tomadas de decisões visando os aperfeiçoamentos necessários à mesma.

Santos (2004, p.60), “entende que, de forma geral, pode-se dizer que indicadores são parâmetros, ou funções derivadas deles, que tem a capacidade de descrever um estado ou uma resposta dos fenômenos que ocorrem em uma região”.

Para Melo e Souza (2007), os resultados do monitoramento ambiental devem servir para orientar ações conjuntas – comunidades e gestores – rumo a uma gestão ambiental emancipatória e efetivamente participativa no arcabouço do desenvolvimento local sustentável.

Nesse sentido, tendo em vista o avanço do processo de desertificação, e sua repercussão em caráter mundial, faz-se necessário o estabelecimento de indicadores, tanto físicos como sociais, a fim de acompanhar as modificações impressas na paisagem, e subsidiar ações de combate a esse processo.

Assim, para Aquino (2010) constata-se que as causas e consequências da desertificação são múltiplas e variadas, daí emerge a necessidade de informações que permitam um real dimensionamento, bem como, a distribuição geoespacial das áreas afetadas por este processo, fato que tem culminado no desenvolvimento de metodologias de indicadores de desertificação.

Matallo Junior (1999, 2001) afirma que o “sistema de indicadores,” embora que insuficiente e o único instrumento disponível para a compreensão da desertificação. Considera que o indicador deve refletir algo básico e fundamental, deve também ser quantificável e sensível a mudanças, mostrando tendências ao longo do tempo.

Segundo, Matallo Junior (2001), a primeira tentativa de formulação de um sistema de indicadores de desertificação foi patrocinada pelo PNUMA quando do processo de preparação da Conferência de Nairobi, em agosto de 1977. Participaram daquele *workshop* inúmeros pesquisadores de diferentes países, sendo que cada um deles apresentou sua contribuição, que foi sistematizada e serviu de balizamento para a compreensão do tema e os direcionamentos futuros. No entanto não houve um trabalho de ajuste desses indicadores em termos de uma metodologia específica para o assunto.

Uma das primeiras contribuições na construção de indicadores de desertificação no Brasil foi a de Vasconcelos Sobrinho (1978), que listou 34 indicadores de desertificação, que por sua vez foram divididos em seis categorias, a saber: físicos, biológicos, agrícolas, uso da terra, assentamento das populações, biológicos humanos, e de processo pessoal (Quadro 2).

Quadro2-Indicadores de desertificação propostos por Vasconcelos Sobrinho (1978)

Indicadores físicos	Indicadores Biológicos -Agrícolas		Indicadores Sociais			
	Vegetação	Fauna	Uso da Terra	Parâmetros Biológicos-Humanos	Parâmetros de processos sociais	Tipos de assentamento
a) grau de salinização e alcalinização	a) Cobertura vegetal	a) espécies chaves	a) agricultura por irrigação	a) estrutura da população e taxas demográficas	a) conflito	a) assentamento recente
b) profundidade das águas subterrâneas e qualidade da água	b) Biomassa a cima da superfície	b) populações de animais domésticos	b) agricultura de sequeiro	b) índices de nutrição	b) imigração e emigração	b) expansão do assentamento
c) profundidade dos solos	c) espécies chaves: distribuição e frequência	c) composição de rebanhos	c) pastoreio	c) índice de saúde pública	c) Marginalização	c) diversificação do assentamento
d) número de tormentas de pó e de areia		d) produção	d) corte e eliminação da cobertura vegetal para combustível			d) abandono do assentamento
e) presença de crosta no solo			e) mineração			
f) Quantidade de matéria orgânica no solo			f) instalação de turismo e de recreio			
g) Volume dos sedimentos nas correntes de água						
h) Área de cobertura de vegetação e turbidez das águas superficiais						

Fonte: Vasconcelos Sobrinho(1978).

Matallo Junior (*Op.cit.*), visando auxiliar na mensuração do processo de desertificação, propôs uma extensa e criteriosa metodologia que agrupa os indicadores em dois grandes grupos: Indicadores de Situação e Indicadores de Desertificação. Os indicadores de situação são aqueles relacionados a dados climáticos, econômicos e sociais. Os indicadores de desertificação relacionam-se a índices de vegetação, solos e recursos hídricos (Quadro 3).

Quadro3-Indicadores de Desertificação propostos por Matallo Júnior (1999e 2001)

Indicadores de Situação		
Clima	Método	Periodicidade
Precipitação	Coleta em Estações meteorológicas	Diário
Insolação	Coleta em estação smeteorológicas	Diário
Evapotranspiração	Coleta em estações meteorológicas	Diário
Sociais		
Estrutura de Idades	Censo demográfico	Decenal
Taxa de Mortalidade Infantil	Censo e Pesquisa hospitalar	A cada 10 anos para o censo e 2anospara a pesquisa hospitalar
Nível Educacional	Pesquisa educacional	Decenal ou quinquenal
Econômico		
Renda Per Capita	Pesquisa amostral domiciliar	A cada 2anos
Uso do Solo Agrícola	Censo Agropecuário	Decenal
Biológicos		
Cobertura Vegetal	Imagens orbitais	A cada 5anos; ou a determinar.
Estratificação daVegetação	Pesquisa de campo por amostra de território	A determinar
Composição Específica	Pesquisa de campo por amostra de território	A determinar
Espécies Indicadoras	Pesquisa de campo por amostra de território	A determinar
Físicos		
Índice de Erosão	Imagens orbitais	A cada 5anos
Redução de disponibilidade hídrica	Monitoramento hídrico	Anual ou a determinar
Indicadores de Desertificação		
Indicadores Agrícolas	Método	Periodicidade
Uso do soloa grícola	Imagens orbitais	A cada 5anos
Rendimento dos Cultivos	Pesquisa Agrícola	A cada 1 ou 2anos
Rendimento da Pecuária	Coleta de informação sobre a produção animal	A cada 1 ou 2anos
Outro		
Densida de Demográfica	Censo	Decenal

Fonte: Matallo Júnior (1999,2001).

Abraham & Torres (2007) afirmam que a utilização dos indicadores permite aos países suscetíveis a processos de desertificação avaliar o estado dos recursos, sua tendência de uso e degradação, determinar as possibilidades de introduzir medidas corretivas e de supervisionar as ações empreendidas na luta contra a desertificação.

Quadro 4 Indicadores de Desertificação consensuados em Brasil (2004).

Indicadores de desertificação consensuados		
Indicadores de desertificação	Abrangência	Como medir
Cobertura vegetal	Nacional	% Área cobertura/área total
Biomassa da caatinga	Nacional	Massa foliar toneladas/ha
Biodiversidade vegetal	Local	Inventário florístico (espécie/ha)
Desmatamento	Nacional	Variação da cobertura
Presença de espécies indicadoras	Local	Inventário florístico (espécie/ha)
Consumo produtos vegetais-Lenha/consumo	Nacional	Tonelada/ha/ano
Consumo produtos vegetais-consumo/oferta	Nacional	Tonelada/ha/ano
Fauna (diversidade, densidade, distribuição)	Local	Inventário faunístico
Uso do solo	Nacional	Área/classe
Grau de erosão	Nacional	Tipo de classe/ha
Grau de salinização	Local	Classe
Área salinizada	Nacional	Área salinizada/área total irrigada
Sobrepastoreio	Nacional	(Carga animal/ha) /capacidade de suporte
Albedo de superfície	Nacional	I/R classe/área
Oferta/Demanda - Stress hídrico -IPH	Nacional	Vazão (m ³ /s) m ³ /ha/ano(classe)
Água armazenada à céu aberto	Nacional	Estimativa volume (área/há)
Qualidade da água	Local	Índice de qualidade da água (IQA 9 parâmetros)
Assoreamento/Sedimentação	Local	Descarga sólida/descarga líquida
Mananciais superficiais (vazão -tempo)	Local	m ³ /s - (vazão rios)
Poços (vazão -tempo)	Local	Teste de bombeamento (m ³ /h) DNPM
Densidade demográfica (urbana ,rural)	Nacional	hab/km ²
Taxa de migração líquida	Nacional	$TM = (M / (((E + R) / 2) * N)) * 1000$
Taxa média de crescimento populacional anual	Nacional	$(Pt2 - Pt1) - 1$
Estrutura da idade	Nacional	$P (0 - 19 \text{ anos}) / Pt * 100$
PEA/Gênero	Nacional	$P (20 - 59 \text{ anos}) / Pt * 100$ $P (60 \text{ anos}) / Pt * 100$
% de mulheres chefes de famílias	Nacional	(Mulheres chefes de família/total famílias)
Renda agrícola das famílias/renda total por famílias	Nacional	(\$ agrícola família/\$família)
Autoconsumo%	Local	\$ autoconsumo/\$produção
Incidência de pobreza	Nacional	IDH Índice de pobreza
Enfermidades maior incidência	Nacional	nº de atendimento SUS
Saneamento (service sanitário)	Nacional	%de residências rurais que possuem
Mortalidade infantil	Local	Mortos até 5anos/1000
Escolaridade	Local	Média de anos na escola
Estrutura fundiária	Local	Distribuição de classes das propriedades, Quantos Proprietários, Coeficiente de GINI
Índice de aridez	Nacional	Quociente entre precipitação e Evapotranspiração potencial

Fonte: Brasil(2004);

O PAN-Brasil traz como referência para a avaliação e mensuração da desertificação, 47 indicadores consensuados, que passam pela cobertura vegetal, uso do solo, uso das águas, aspectos demográficos, institucionais e climáticos (BRASIL, 2004).

Nesse sentido, devemos salientar que, diversos são os indicadores para a análise do processo de desertificação, contudo, tendo em vista o propósito da presente pesquisa, e a importância da cobertura vegetal na proteção do solo ao ataque dos agentes erosivos e, por conseguinte, no combate a degradação ambiental, deve-se destacar que os índices de vegetação, como o NDVI, e os indicadores fitossociológicos (densidade e frequência de espécies) compõem uma base de indicadores primordiais para a identificação de áreas degradadas/desertificadas.

Assim, com base em indicadores de desertificação, Souza (2008) efetuou a identificação em campo de indicadores de vegetação (diversidade, densidade e estratos) que denunciassem diferentes tipos de caatingas e graus de antropismo, fato inédito nos estudos sobre desertificação desenvolvidos até o momento no Cariri paraibano.

Portanto, deve-se salientar a importância dos estudos de indicadores fisionômicos e fitossociológicos dos estratos vegetais, tendo em vista a contribuição dos mesmos para a efetivação do zoneamento ambiental dos domínios morfoclimáticos. Outrossim, ressalta-se a utilização de indicadores ambientais, tanto bióticos, como abióticos, para o acompanhamento dos níveis de degradação da cobertura vegetal, tendo em vista o uso racional dos recursos ambientais, buscando assim, respeitar a capacidade de resiliência dos ecossistemas com as necessidades da população local.

Capítulo II:

Metodologia

2CAPÍTULO II: METODOLOGIA

2.1 Cenários da pesquisa: município de Poço Redondo-Sergipe

2.1.1 Formação territorial

O início da ocupação do Território do Alto Sertão Sergipano deu-se em função dos movimentos populacionais oriundos de dois focos: Salvador e Olinda, considerados centros açucareiros. Por conta da necessidade de animais de tração e para o consumo, impulsionaram o deslocamento humano para o Sertão à procura de terra para a criação de gado. Os rios e os caminhos abertos com o gado eram os principais meios para estes deslocamentos durante o período colonial (SANTOS, 2011).

Segundo França e Cruz (2013), enquanto a cana-de-açúcar fazia prosperar as localidades próximas ao litoral e zona da mata, a pecuária, a cultura de algodão e as culturas de subsistência faziam prosperar as terras do agreste e do semiárido sergipano, graças ao avanço das ocupações e povoamentos dessas regiões.

De acordo com Santos (2011), a pecuária foi o fator econômico chave a impulsionar a rápida arrancada do colonizador branco pelo território sergipano. “Os pastos de Sergipe eram de bastante boa qualidade e os moradores começaram logo a meter gado neles, e com tanta fartura que daí a poucos anos essa nova capitania abastecia de bois os engenhos da Bahia até a de Pernambuco”.

No mesmo sentido, o município de Poço Redondo, embora ainda não emancipado, seguiu a lógica de povoamento supracitada. O município teve seu crescimento ligado a expansão da cultura algodoeira, bem como das atividades ligadas a pecuária, sobretudo relacionadas a criação de gado.

Com a expansão do domínio holandês, entre os anos de 1630 e 1654, intensificou-se em terras de Sergipe Del Rei a atividade pastoril com a instalação de currais à beira do rio São Francisco. No Sertão de São Francisco surgem, nesse período, motivado pela criação de gado, três localidades: Curral de Pedras (atual Gararu), Curral do Buraco (atual Porto da Folha) e **Curralinho (o mais antigo povoado de Poço Redondo)** (SEPLANTEC, 2014, grifo nosso).

A conquista do território do atual município de Poço Redondo está vinculada ao morgado de Porto da Folha, cuja penetração teve início no fim do século XVII e começo do século XVIII. O povoado de Curralinho, situado às margens do rio São Francisco, contando

com uma escola primária, surgiu em 1877. Em 1902, Manoel Pereira se estabeleceu com uma fábrica de descaroçar algodão no arraial Porto de Cima, transferindo-a, logo depois, para um lugar distante, um quilômetro daquele em que se encontrava. A iniciativa atraiu os demais habitantes que também se mudaram para Poço Redondo, nome ligado ao fato de encontrar-se, o local, semicirculado pelo riacho Jacaré (IBGE, 2015).

A instalação ocorreu em 1956, quando o então povoado Poço Redondo foi elevado a Sede do Município. Na zona rural foram criados três Distritos, por terem mais de 3000 habitantes: Santa Rosa do Ermírio, Sítios Novos e Ribeirinho. Hoje, além desses, há ainda: Cajueiros, Areias, Jacaré, Bom Sucesso, Flor da Serra, Lagoa do Rocha Salgado, Curralinho e Barra da Onça (SEPLANTEC, 2014).

O município de Poço Redondo (Figura 03) está inserido na região semiárida do Nordeste do Brasil, especificamente na micro-região do Sertão do São Francisco Sergipano, também denominado como território do Alto Sertão Sergipano (VIEIRA e SILVEIRA, 2009).

Distante 186 km da capital sergipana, o município possui uma área de 1.119 km² – 10km² de área urbana e 1.109 km² de área rural – onde mora uma população de 30.880 habitantes, sendo 22.342 na área rural e 8.538 na zona urbana (IBGE, 2010).

De acordo com Silva (2009), o Município de Poço Redondo foi criado pela Lei Estadual número 525 – A, de 23 de Novembro de 1953, limita-se a noroeste com o estado de Alagoas, a sudoeste com o estado da Bahia, a sul e a leste com o município de Porto da Folha e a oeste e norte com Canindé do São Francisco. A sede municipal tem 210 metros de altitude e coordenadas geográficas de 09°48'17" de latitude sul e 37°41'06" de longitude oeste.

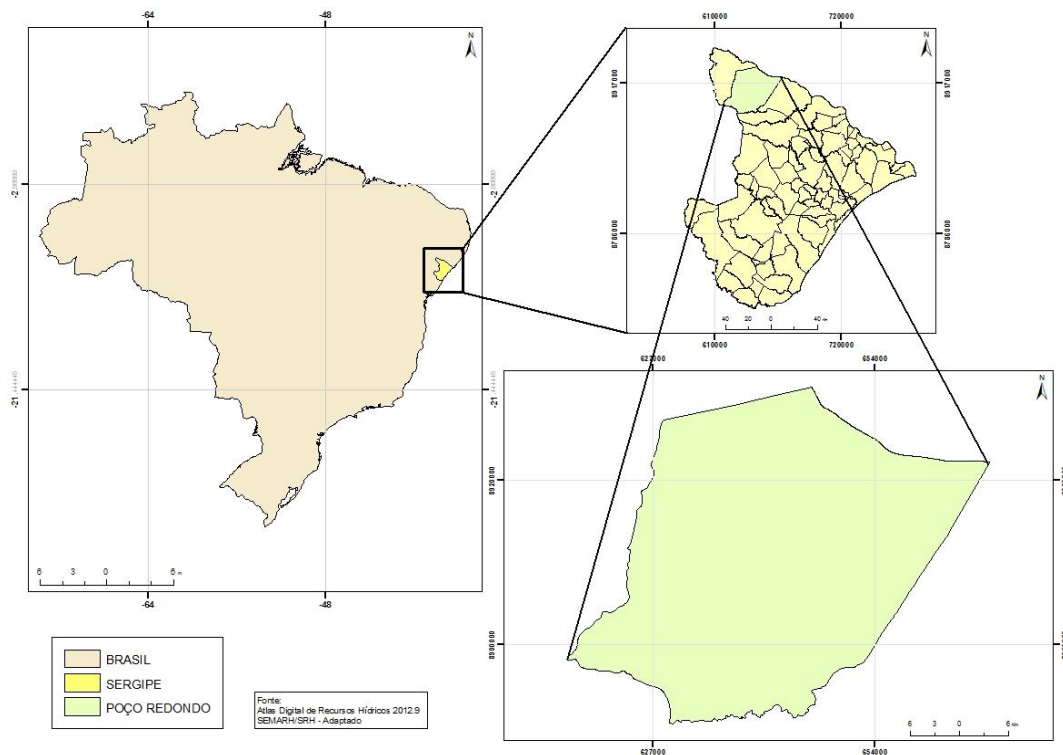


Figura 3- Localização do município de Poço Redondo-Sergipe.

A economia do município está baseada, principalmente em laticínios nos povoados Barra da Onça e Santa Rosa do Erminio, sendo uma das maiores bacias leiteiras do estado de Sergipe, no turismo (Gruta do Angico, local onde ocorreu a morte de Lampião), nos produtos primários (umbu, mandioca, milho, feijão, dentre outros) e serviços (ANDRADE, 2014).

Foi a partir da década de 90 do século XX, e com mais veemência na primeira década do século XXI, que outros cultivos começaram a serem implementados no município de Poço Redondo, como quiabo, abacaxi, abacate, goiaba, acerola, algodão, manga, banana, limão, milho e tomate. Tais cultivos foram propiciados pela implementação de perímetros irrigados no município, sendo estes, fruto da luta pela terra no sertão sergipano.

Estrutura agrária e luta pela terra

Historicamente a conjuntura agrária do Alto Sertão Sergipano apresenta uma concentração de terras, contudo, a atuação de movimentos organizados da sociedade, com destaque para o movimento socioterritorial do MST, a partir da década de 90 do século XX, ganharam notoriedade no campo de lutas pela reforma agrária. Assim, diversos latifúndios

improdutivos foram ocupados, a fim de forçar o Estado a desapropriar tais imóveis, para dar aos mesmos a função social da terra².

Tabela 1-Sergipe – Número de assentamentos rurais, famílias e área por municípios e território -2011.

MUNICÍPIOS	Nº ASSENTAMENTOS	ASSENTAMENTOS (%)	FAMÍLIAS (Nº)	FAMÍLIAS (%)	ÁREA (KM ²)	ÁREA (%)
Canindé de São Francisco	30	14,42	1.222	12,93	33.580	19,07
Gararu	7	3,36	203	2,14	5.692	3,23
Poço Redondo	31	14,90	2.138	22,62	42.850	24,34
Porto da Folha	6	2,88	210	2,22	3.803	2,16
Monte Alegre de Sergipe	10	4,80	171	1,80	4.174	2,37
Nossa Senhora da Glória	12	5,76	370	3,91	9.058	5,14
Nossa Senhora de Lórdes						
Alto Sertão Sergipano	96	46,12	4.314	45,62	99.157	56,31
Total Sergipe	208	100	9.448	100	176.009	100

Fonte: DATALUTA Sergipe – Banco de Dados da Luta pela Terra, 2011. LABERUR/NERA, 2013.

Para compreendermos a dimensão da atuação do MST, e de outros movimentos socioterritoriais no Alto Sertão Sergipano, podemos destacar o número total de assentamentos de reforma agrária neste território, que chega ao montante de 96, equivalente a 46,12% dos assentamentos do estado, que soma 208. No que diz respeito ao número de famílias assentadas, o referido território também abrange o maior montante, com 4.315 famílias, que equivale a 45,62% dos assentados do estado de Sergipe, que somam a cifra de 9.448 famílias (ver Tabela 1).

Em se tratando da área ocupada pelos assentamentos do Alto Sertão Sergipano, os mesmos somam o maior montante dentre os demais territórios do planejamento estabelecidos pelo governo do estado de Sergipe. A área ocupada por tais assentamentos é de 99.157 km², equivalente a 56,31% da área do montante de assentamentos em todo o estado, que perfazem a soma de 176.009 km².

Dentro da realidade agrária do Alto Sertão Sergipano, o município de Poço Redondo se destaca, tanto pelo maior número de assentamentos do território, 31, como na área ocupada pelos mesmos, 48.850 Km².

O município de Poço Redondo é um dos marcos da reforma agrária no estado de Sergipe, tendo uma referência da luta pela terra das propriedades onde hoje está localizado o assentamento Jacaré-Curituba (Figura 4).

²Segundo Ramos Filho (2012), a função social da terra é compreendida como o atendimento simultâneo, de acordo com determinados critérios e graus determinados em Lei referente ao “aproveitamento racional adequado; utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente; observância das disposições que regulam as relações de trabalho; exploração que favoreça o bem-estar do proprietário e dos trabalhadores”.

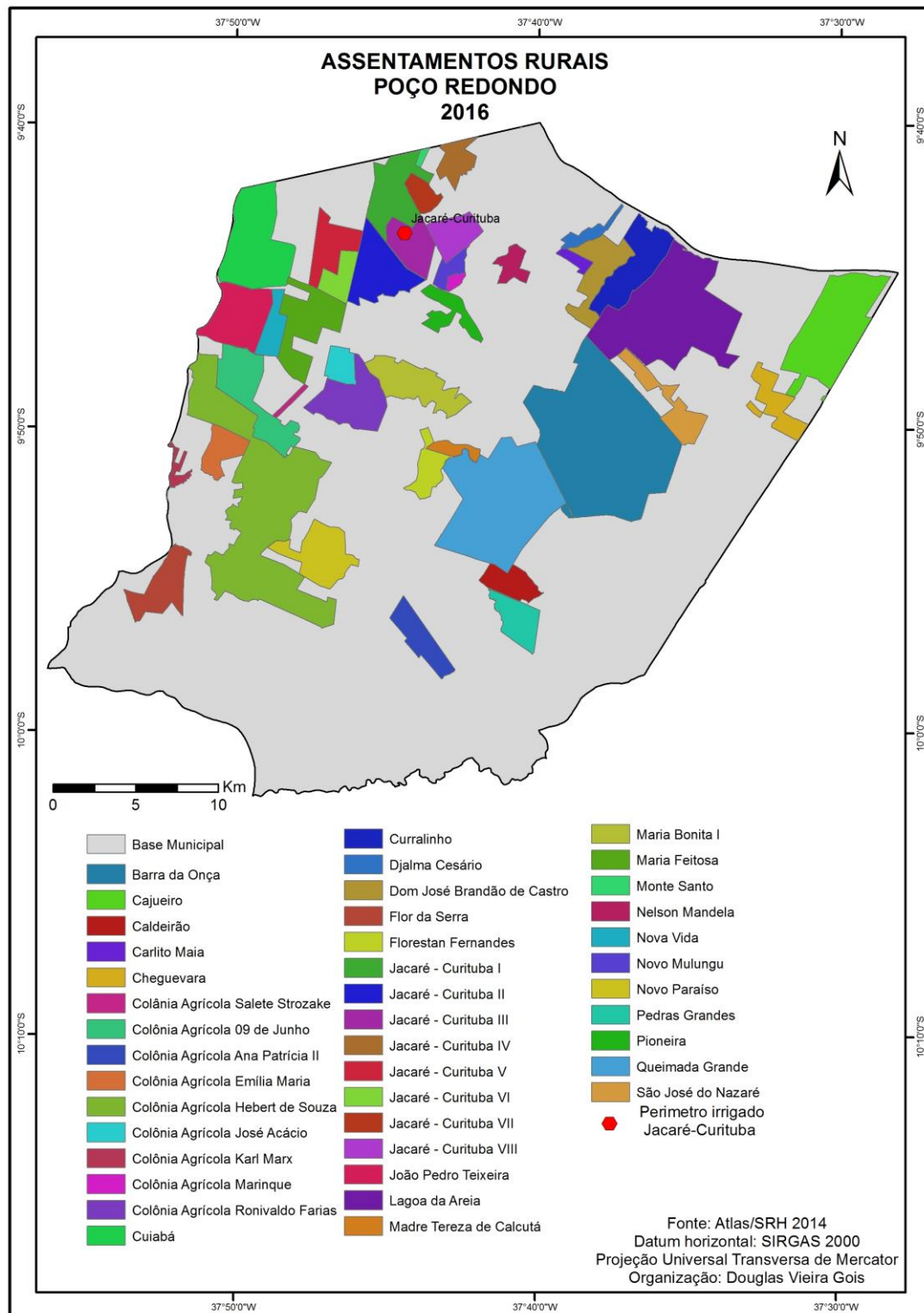


Figura 4- Assentamentos de Reforma Agrária localizados no município de Poço Redondo-Sergipe.

A conquista do Assentamento Jacaré-Curituba resulta das lutas por terras desencadeadas pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra nesta localidade, a partir de meados da década de 1990. Esta região tradicionalmente esteve sob o mando e comando

dos latifundiários e coronéis. Com a finalização da construção da barragem da Hidrelétrica de Xingó, o desemprego, a fome e a miséria campearam na região (RAMOS FILHO, 2013).

Ramos Filho (2013) destaca que, foi a partir do dimensionamento de espaços de luta e resistência que os trabalhadores conquistaram o megaprojeto de irrigação, pensado inicialmente para a expansão do agrohidronegócio no sertão sergipano, em uma ação inédita no estado. Na prática, o projeto de assentamento Jacaré-Curituba é formado por oito glebas que foram incorporadas com a nomenclatura de PA Jacaré-Curituba I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII.

Embora a implementação dos projetos de irrigação possua uma importância significativa para a viabilização da agricultura nesta região semiárida, as práticas inadequadas de irrigação podem trazer impactos negativos para a própria população dependente da terra, como a salinização dos solos, que acarretam no empobrecimento dos mesmos, e a consequente diminuição da produtividade nas áreas irrigadas.

Portanto, a falta de assistência técnica especializada nos perímetros irrigados potencializa o aumento da degradação dos solos nessas áreas, tornando-as mais suscetíveis ao processo de desertificação e consequentemente reduzindo a produtividade das terras, ampliando a vulnerabilidade econômica e social da população sertaneja.

2.1.2- Fisiografia da Paisagem

O presente tópico visa analisar os condicionantes do quadro geoambiental da zona do Sertão do São Francisco, visto ser nesta área onde predomina a vegetação da caatinga no estado de Sergipe e, por conseguinte, é a área afetada pelos processos de desertificação no estado.

As condições de clima denotam um fenômeno dominante na configuração do domínio das depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste, por conseguinte do semiárido do São Francisco Sergipano. Portanto, sua influência é preponderante para a formação do quadro geológico da caatinga sergipana, sendo assim responsável, principalmente pela formação dos solos e da vegetação deste domínio.

O quadro geológico da caatinga sergipana é resultante, sobretudo do tipo climático da região. De acordo com Franco (1976), a área está compreendida entre as isoietas de 300 a 800 mm. Ainda segundo a mesma classificação, o município de Poço Redondo, se encontra na isoietas de 400 mm, apresentando altos índices de aridez.

Outrossim, podemos destacar que o quadro geoambiental do município supracitado apresenta fragilidade quanto ao desenvolvimento do processo de desertificação, posto apresentar baixo índice pluviométrico anual e irregularidade têmporo-espaial na distribuição das precipitações. Que, aliados aos horizontes de solo pouco desenvolvidos e a utilização indiscriminada dos mesmos, pode gerar maior susceptibilidade a tal processo.

Aspectos fitoecológicos

A vegetação varia de acordo com a classe de solos, vão desde as Associações Caducifólias Mistas até a Caatinga Hiperxerófila. Portanto, pode-se salientar que às fácies da vegetação da caatinga sergipana tem relação direta com a litologia (classe dos solos), sendo a influência do clima um fator preponderante para a gênese de ambos (FRANCO, 1983).

Conforme o supracitado, o clima é um fator preponderante para a existência da vegetação. Quanto mais árido – menor atuação da precipitação – mais rarefeitas são as formações vegetais, sendo inexistentes nas áreas onde predomina o clima mediterrâneo quente e seco, sem estação úmida. Nesse sentido, de acordo com Franco (1983), enquanto na Floresta Atlântica no estado de Sergipe, a precipitação é maior do que a evaporação, na Caatinga, a precipitação é menor que a evaporação, dificultando deste modo, o desenvolvimento de espécies não adaptadas a aridez. Ressaltando que algumas áreas da caatinga sergipana apresentam até oito meses secos (Figura 5).

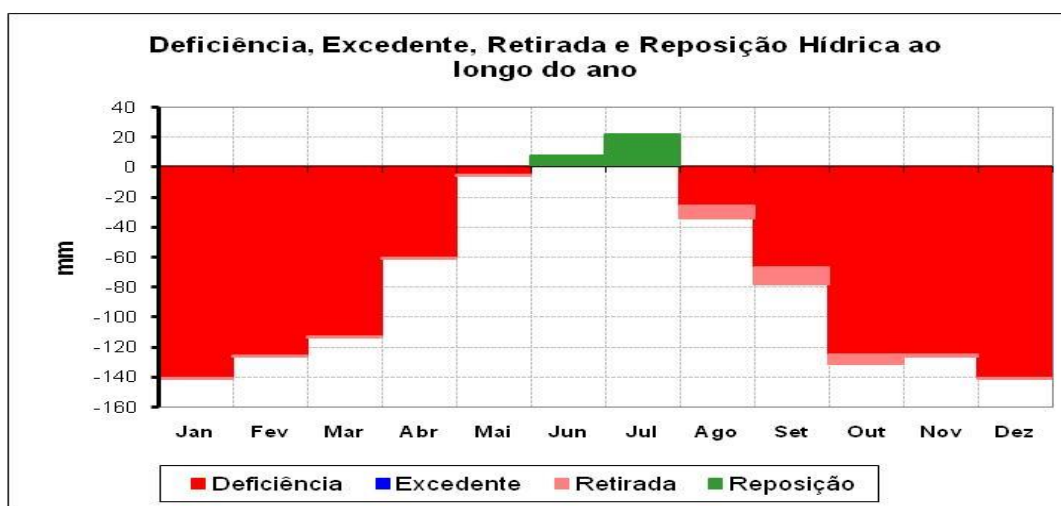


Figura 5- Representação gráfica completa do balanço hídrico climatológico do município de Poço Redondo-1910-2010.
Fonte: SRH-SE (2014).

No balanço hídrico da figura 5, pode-se observar as estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de

água no solo (ARM), onde prepondera a deficiência hídrica durante 10 meses, dificultando assim o desenvolvimento da vegetação.

Nesse sentido, Franco (1983), classifica a vegetação da Caatinga sergipana de acordo com o índice de aridez. Para o autor supracitado, Sergipe possui dois tipos de Caatinga, a saber: Hipoxerófila e a Hiperxerófila. A Caatinga Hipoxerófila é aquela que apresenta sete meses secos, enquanto a Hiperxerófila tem oito ou mais meses secos.

A Caatinga Hipoxerófila é a mais úmida dos tipos desta vegetação em Sergipe. É considerada uma continuação das Associações Caducifólias Mistas com a Caatinga, comumente denominada como, Boca da Caatinga. Segundo Franco (1983), esse substrato vegetal abrange apenas Mocambo e Nossa Senhora da Glória. A formação vegetal Hipoxerófila contém os estratos mais altos da Caatinga no estado de Sergipe.

Esse substrato é uma vegetação caducifólia, caindo suas folhas do fim do inverno até o fim da primavera, de agosto até outubro (FRANCO, 1983). Nessa associação ocorrem os três estratos da Caatinga, a saber: herbáceo, arbustivo e arbóreo. O herbáceo contém plantas de até um metro de altura. O arbustivo contém plantas de até oito metros de altura. O estrato arbóreo, de doze a quinze metros de altura.

De acordo com a catalogação feita por Franco (1983), podemos inferir as seguintes características:

a) Para a Caatinga Hipoxerófila:

- ✓ O estrato herbáceo não recobre todo o solo, favorecendo assim o desencadeamento dos processos erosivos. Tal substrato é composto principalmente pela macambira (*Bromelialacynosa*, Mart); gravatá (*Aechmealingulata*, L); as gramíneas: capim pé-de-galinha (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.), dentre outros. Nos lugares mais secos e sobre os batólitos, encontra-se a coroa-de-frade (*Melocactusbahiensis*, Brittset Ross);
- ✓ O estrato arbustivo é constituído pelo mameleiro (Croton, SP.), espécie que domina o solo após a derrubada da Caatinga (é com essa espécie que começa a recomposição da flora). Além desta espécie, predominam nesse estrato, o pinhão bravo (*Jatropha molissima*); o arranhento (*Mimosa hostilis*, Benth), espécie regeneradora do solo e da vegetação da Caatinga; a escova-de-macaco (*Combretumfruticosum*); a jurema (*Mimosa nigra*; L.); e a catinga-de-porco (*Caesalpinia pyramidalis*, Tul.), esta ultima espécie, é a que sucede o

arranhento, chegando ao clímax da vegetação, além de cobrir 90% da vegetação da Caatinga Hipoxerófila;

- ✓ No estrato arbóreo, podemos encontrar a braúna (*Schnopsis brasiliensis*, Engl.); a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão.); o umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr.); o pau-ferro (*Caesalpinia leiostachya* (Benth.)); o facheiro (*Pilosocereus pachycladus*); e o mandacaru (*Cereus jamacaru*). O facheiro domina para o interior e o mandacaru para o litoral;
- ✓ No que diz respeito à climatologia, a Caatinga Hipoxerófila apresenta os máximos de chuvas em julho a dezembro. O ritmo das chuvas é OIVP, ou seja, inicia no outono e decresce até a primavera. A precipitação anual varia entre 662,8 mm e 677,0 mm;

b) Quanto à Caatinga Hiperxerófila:

- ✓ É a Caatinga mais árida. Tem de sete a dez meses secos, porém, sem nenhum mês úmido. Abrange os municípios de Poço Redondo, Porto da Folha e Canindé de São Francisco;
- ✓ Existem três estratos da vegetação (herbáceo, arbustivo e arbóreo), porém com porte mais baixo quando comparado à Caatinga Hipoxerófila. Isso se deve ao índice de aridez, pois quanto mais secas as áreas, menor será o porte da vegetação;
- ✓ No estrato herbáceo predomina a coroa de frade (*Melocactus* sp.); Flor-de-São-João (*Cassia excelsa*, Shrad.), dentre outras espécies. No estrato arbustivo destaca-se o iço (*Capparis iço*.), espécie que não perde suas folhas durante a seca. O estrato arbóreo enfatiza-se pela presença do Umarizeiro (*Geoffroea superba*), e a Craiba (*Tabebuia caraipa*), que destacam-se na paisagem pedregosa. Vale ressaltar que o Xiquexique (*Pilosocereus polygonus*) é encontrado nas áreas mais pedregosas e mais pobres em vegetação.
- ✓ Os dados climáticos para a Caatinga Hiperxerófila são os seguintes: os máximos das chuvas apresentam-se em abril-dezembro, maio-dezembro e junho-novembro-janeiro. Os ritmos das chuvas são OIVP e OVIP, a primeira inicia e no outono e regride até a primavera, apresentando períodos medianos no inverno e verão, diferentemente do segundo percentual, apresenta o pico da

precipitação no outono, seguido regressivamente por verão, inverno e primavera. A precipitação anual varia entre 527,1 mm e 322,2 mm;

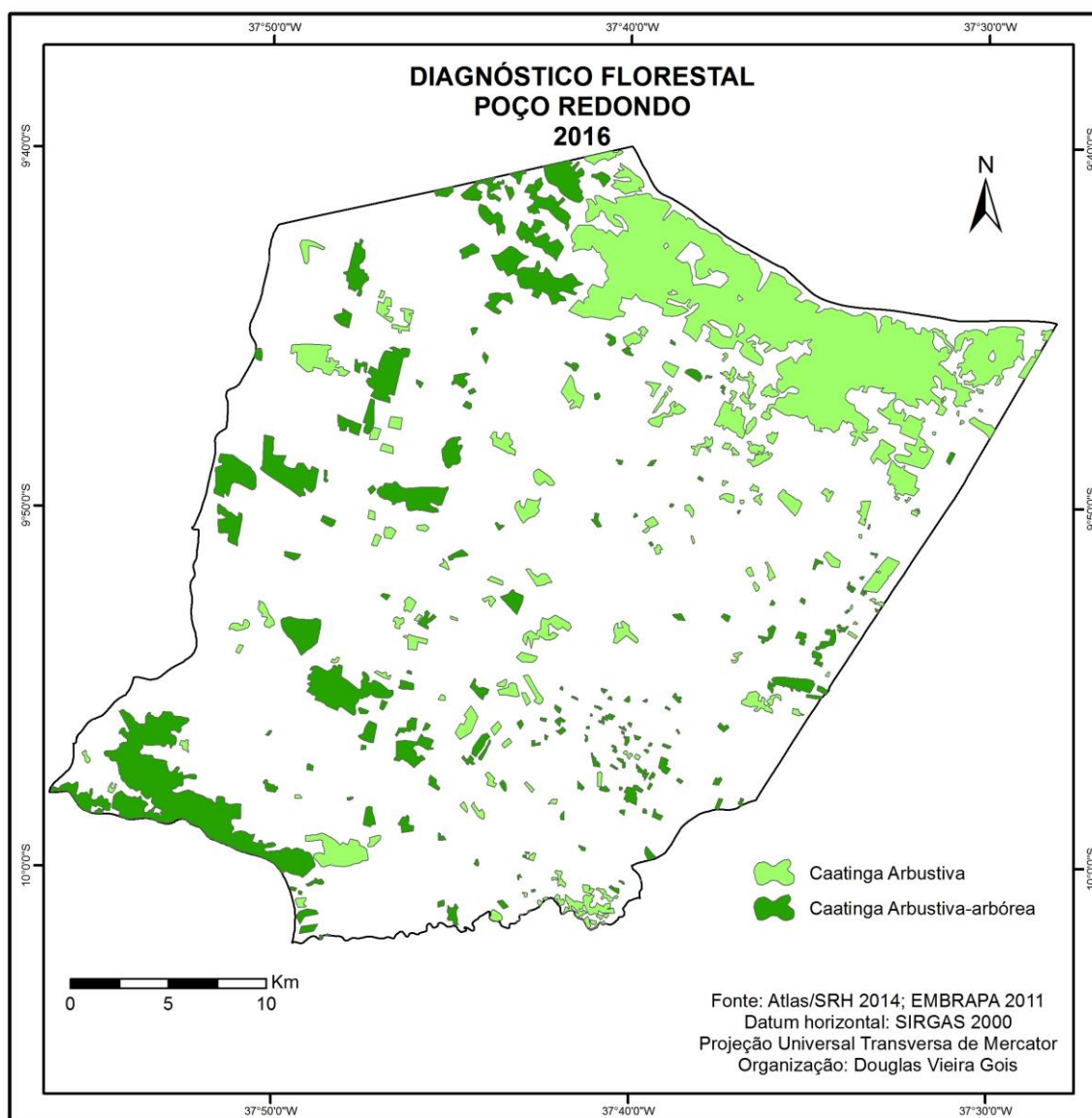


Figura 6- Formações vegetais localizadas no município de Poço Redondo-Sergipe.

No que diz respeito à cobertura vegetal, a mesma vai diferenciar-se à medida que adentrar ao continente, seguindo basicamente as zonas climáticas para Sergipe, a saber: litoral, agreste e sertão. Segundo Franco (1983), à medida que as isoietas vão diminuindo, ao penetrar no continente, vão desaparecendo as espécies das Associações Caducifólias originárias da Floresta Atlântica e aparecendo, em número crescente até predominarem completamente, as espécies xerófilas, espécies da Caatinga.

De acordo com o Diagnóstico Florestal da SRH (2014), o município de Poço Redondo possui 144 km² de Caatinga Arbustiva, que equivale a 12% do seu território, enquanto que 90

km² da área do município é dominada pelo estrato florestal da Caatinga Arbustiva-arbórea, equivalente a apenas 7,5 % da sua extensão (Figura 6). Portanto, destaca-se que de acordo com o estudo supracitado as formações vegetais arbóreas representam menos de 20% da área do município, denotando-se, portanto um grande percentual de usos do solo que apresentam maior propensão aos processos erosivos, posto estarem desprotegidos dos agentes intempéricos.

Ademais, tendo em vista à importância do clima na configuração dos domínios de natureza, pode-se salientar que, o principal elemento/fator que influencia a distribuição e fisionomia da caatinga brasileira, e mais especificamente sergipana é a precipitação (LEAL et al, 2003). Portanto, à medida que a vegetação afasta-se das fontes de suprimento de umidade, seja do oceano (no caso dos relictos e enclaves³), ou dos rios, lagos, dentre outros corpos hídricos, a mesma assume fisionomia vegetacional de regiões áridas.

Aspectos climatológicos

O clima⁴ é um dos fatores mais dinâmicos da esfera geográfica, podendo ser considerado o subsistema de maior dominância dentro do sistema natureza, influenciando, tanto os próprios subsistemas da natureza (litologia, vegetação, hidrografia, etc.), como o sistema sociedade, influenciando, assim, no desenvolvimento das atividades humanas, tanto em áreas urbanas, como rurais.

Portanto, a expressão dos atributos do clima, contribui de forma decisiva para a organização do espaço, seja ele em escala, zonal, regional, ou local. O Brasil, país localizado predominantemente na zona intertropical (94%), e em menor parte na subtropical (6%), recebe energia solar em demasia, quando comparada às altas latitudes. Tal fato aliado aos sistemas de circulação atmosférica (primária, secundária e terciária), confere ao território brasileiro uma diversidade de tipos climáticos, o que reflete em seu rico mosaico de paisagens naturais, indo das florestas equatoriais, até as caatingas secas do Nordeste.

³Segundo Ab'Sáber (2006), a Teoria dos Refúgios e Redutos Florestais se apresenta como um dos mais importantes corpos de idéias referentes aos mecanismos padrões de distribuição de floras e faunas na América Tropical. Em sua essência, a teoria dos refúgios e dos redutos cuida das repercussões das mudanças climáticas quaternárias sobre o quadro distributivo de floras e faunas, em tempos determinados, ao longo de espaços fisiográficos, paisagísticos e ecologicamente mutantes.

⁴Entendemos o conceito de clima empregado por Sorre (2006), no qual o clima seria a série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual.

Assim, partindo de tal premissa devemos ponderar a escolha pela análise inicialmente em escala regional, para então partirmos para a investigação na escala topoclimática, ou escala local. Tal opção advém, sobretudo pelo fato de que, a escala regional expressa de modo notório todos os processos configuradores da dinâmica dos denominados tipos climáticos, onde podemos observar com maior abrangência a atuação dos sistemas produtores de tempo (ciclones e anticiclones).

Reforçando a ideia da análise regional do clima, Monteiro (1971), afirma que só a “análise rítmica” ⁵detalhada ao nível de “tempo”, revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região.

Segundo Monteiro (*op. cit.*):

A insistência no caráter “regional” advém do fato de que o ritmo de sucessão de tipos de tempo se expressa no espaço geográfico na escala regional. Os mecanismos da circulação atmosférica, partindo de centros de ação ou unidades celulares, individualizam-se em “sistemas” que se definem sob a influência dos fatores geográficos continentais e se expressam regionalmente através do ritmo de sucessão dos tipos de tempo (MONTEIRO, 1971, p.12).

O caráter regional do clima reveste-se de importância por apresentar os comportamentos gerais do nível zonal (circulação primária), e também os múltiplos fatores impressos na escala local (circulação terciária). Nesse sentido, Monteiro (1964), ressalta que, se a **escala zonal** generaliza, pelas leis gerais da influência da latitude sobre a radiação – fundamento básico da energia terrestre – e a **escala local** diversifica e multiplica, pela influência dos múltiplos e pequenos fatores das diferentes esferas do domínio geográfico, **a escala regional lhes dá a verdadeira unidade geográfica** (grifos nosso).

Deste modo, buscou-se primariamente caracterizar a dinâmica climática regional do Nordeste do Brasil, doravante denominado como (NEB), seus sistemas atmosféricos de macroescala e mesoescala, para então decompor os sistemas de circulação local, condicionados pelos fatores geográficos da área de estudo, a saber: o município de Poço Redondo, localizado no alto sertão sergipano.

⁵Para Monteiro (1971), o Ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo.

Portanto, apesar de apresentar uma diversidade de tipos climáticos, com climas predominantemente quentes com baixas amplitudes térmicas, com exceção de sua faixa subtropical, onde imperam temperaturas mais baixas, e amplitudes térmicas mais acentuadas, o território brasileiro possui uma singularidade no que diz respeito à distribuição da precipitação em sua porção Nordeste, apresentando grande variabilidade interanual no volume e distribuição das chuvas, apesar de estar localizado próximo a várias fontes de umidade (Floresta Amazônica e Oceano Atlântico).

O NEB é uma região constituída pelos Estados de Alagoas, Bahia, Ceará. Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, perfazendo uma área de 1.558.196 km². Localizado no extremo Nordeste na América do Sul, a leste da maior floresta tropical do mundo. Banhada ao norte e a leste pelo oceano Atlântico, limitada a oeste pelo meridiano de 47°W e ao sul pelo paralelo de 18°S. Malgrado tal localização, o NEB não apresenta uma distribuição de chuvas típicas das áreas equatoriais (KAYANO, 2009).

Para Ab'saber (1974), os climas sertanejos do NEB constituem-se exceção em relação aos climas zonais peculiares às faixas de latitudes similares. Para o referido autor, o clima do NEB pode ser considerado um clima azonal, de expressão regional. Portanto, o NEB apresenta acentuada variabilidade interanual, sobretudo na precipitação, com alguns anos extremamente secos e outros extremamente chuvosos. Segundo Kayano (2009), essa região é uma das principais áreas da América do Sul, onde os sinais da variabilidade intrassazonal são mais evidentes.

Segundo Kayano (2009), no que diz respeito à temperatura, o NEB apresenta valores elevados cuja média anual varia de 20° a 28°C. Nas áreas situadas acima de 200m e no litoral leste, as temperaturas variam de 24° a 28°C. As exceções encontram-se nas áreas mais elevadas da Chapada da Diamantina e do Planalto da Borborema, com médias anuais inferiores a 20° C. Contudo, embora de modo geral, apresente altas temperaturas quando comparadas às demais regiões brasileiras, algumas localidades do NEB possuem variações de neste elemento, advindas, sobretudo, dos atributos/fatores geográficos de escala local (continentalidade, maritimidade, altitude).

Os principais fatores climáticos que determinam a distribuição dos elementos do clima no NEB, e que influenciam em sua variação sazonal são, sua posição geográfica (latitude/continentalidade/maritimidade), seu relevo, a natureza da superfície e, sobretudo os

sistemas de pressão atuantes na região, que irão atuar na configuração da circulação atmosférica (primária, secundária e, sobretudo terciária).

No que diz respeito aos fatores estáticos, o relevo do NEB apresenta-se composto de dois extensos planaltos, Borborema e a Bacia do Rio Paraíba, e de algumas áreas altas que foram as chapadas, como a Diamantina e Areripe. Entre tais formações ficam localizadas as depressões, nas quais localiza-se o sertão (área mais complexa do ponto de vista climático) (KAYANO, 2009). Quanto ao fator estático vegetação, o NEB é composto predominantemente pelo domínio morfoclimático da caatinga, apresentando diversas associações (floresta tropical úmida de encosta, cerrado, manguezal e restingas), condicionada, sobretudo pelas variações nos tipos climáticos, e o relevo local.

Quanto aos fatores dinâmicos que condicionam o clima da região NEB em grande escala, de acordo com Kayano (2009), são principalmente os Anticiclones Subtropicais do Atlântico Sul (ASAS) e do Atlântico Norte (ASAN), e do cavado equatorial, cujas variações sazonais de intensidade e posicionamento determinam o clima da região.

Para Araújo (2015), os regimes pluviométricos dependem fundamentalmente da atuação dos sistemas meteorológicos e a variação intrasazonal desses sistemas é responsável pelo posicionamento médio de cada um na atmosfera (Figura 7).

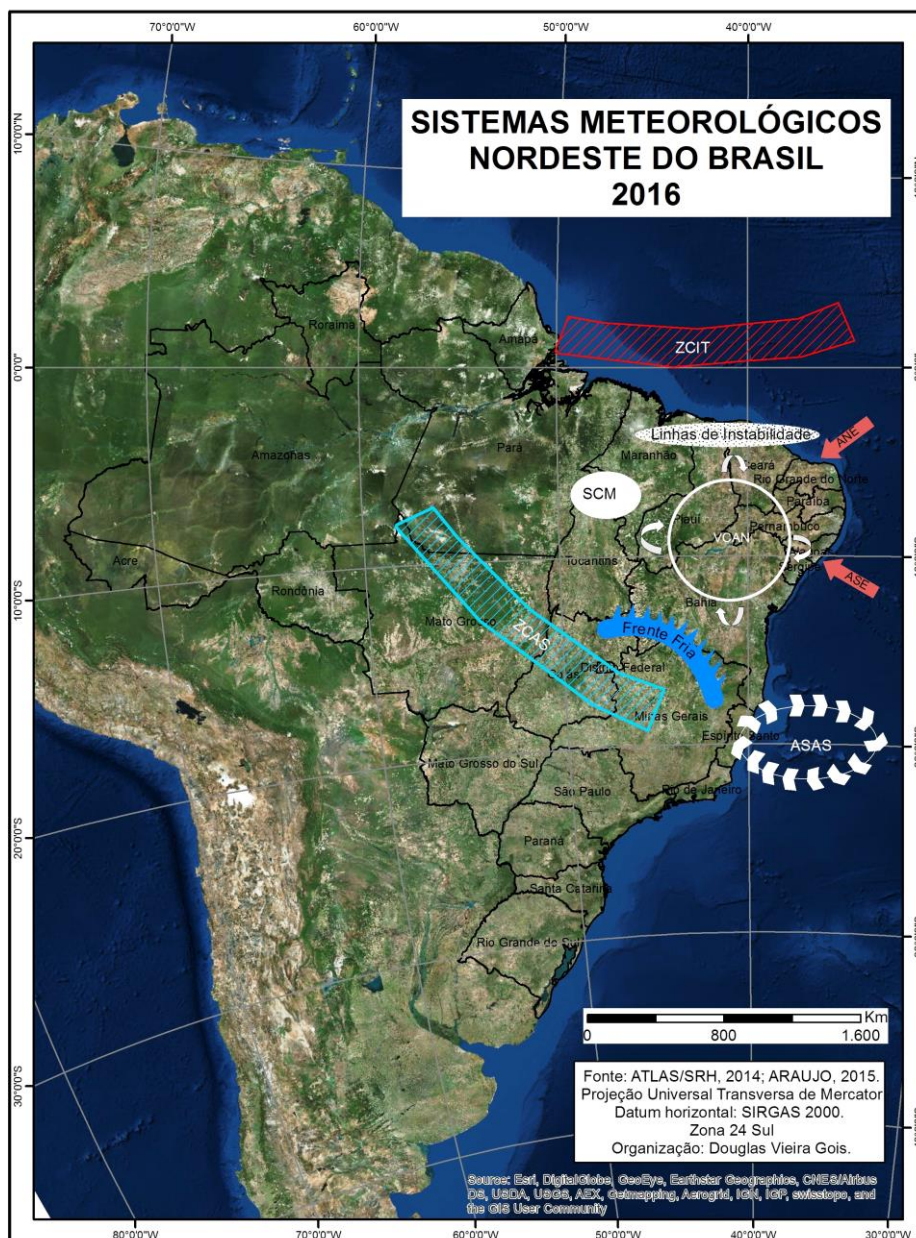


Figura 7 - Representação esquemática dos sistemas meteorológicos atuantes no NEB. ZCIT: Zona de Convergência Intertropical; LI: Linhas de Instabilidade; SCM: Sistemas Convectivos de Mesoescala; VCAN: Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis; ZCAS: Zona de Convergência do Atlântico Sul; FF: Frente Fria; ASAS: Alta Subtropical do Atlântico Sul; ASE: Alísio de Sudeste; ANE: Alísio de NE.

Ao elaborar uma classificação dos sistemas meteorológicos atuantes na produção do tempo no Nordeste brasileiro Araújo (2015) destaca os seguintes sistemas e suas respectivas características: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), as Brisas, Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), os Sistemas Frontais e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é formada pela interação entre uma grande região de confluência dos ventos alísios de nordeste e de sudeste (ANE e ASE), a região do cavado equatorial, as áreas de máxima Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e as áreas de máxima convergência de massa. A ZCIT tem como característica principal uma banda de nebulosidade no sentido leste-oeste sobre a região tropical (UVO, 1989; MOLION; BERNARDO, 2002), no qual, devido a sua variabilidade sazonal e interanual, esta consegue modular a pluviometria da região NEB. Este é o mecanismo mais importante na produção de chuva para o setor norte do Nordeste, durante a quadra chuvosa que ocorre de Fevereiro a Maio.

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) são definidos como sistemas fechados de baixa pressão, de escala sinótica, que se formam em altos níveis na atmosfera (GAN, 1982). Os VCANs que atingem a região Nordeste do Brasil, tem origem no Oceano Atlântico Trópico Sul e geralmente seguem uma trajetória de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de Janeiro e Fevereiro. No centro do vórtice os movimentos são subsidentes inibindo a formação de nuvens. Entretanto, devido ao movimento ascendente na borda do vórtice, muitas nuvens são formadas provocando fortes chuvas nos setores norte e oeste do Nordeste. Esta precipitação provocada depende da posição do centro do vórtice (GAN, 1982).

Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) são formados por nuvens cumulonimbus com um crescimento vertical explosivo em um intervalo de tempo entre 6 a 12 horas. Geralmente essas nuvens são frias, espessas e apresentam uma forma circular, sendo associadas a eventos de precipitação intensa com fortes rajadas de vento (MADDOX, 1980; SILVA DIAS, 1987). Os SCM são mais comuns em regiões de latitudes médias, entretanto alguns episódios de SCM foram observados sobre a região Nordeste do Brasil (SILVA et al., 1994).

As Brisas ocorrem quando há um contraste de temperatura entre o continente e o oceano, gerando um gradiente horizontal de pressão e provocando uma circulação do ar local, levando umidade para o interior do continente e amenizando as temperaturas elevadas nas regiões tropicais. Estas brisas, quando associadas as linhas de instabilidade, são responsáveis por uma quantia apreciável de precipitação em sua região de influência (KOUSKY, 1980).

Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos

alísios, e se deslocam de oeste para leste, vindo desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. Este sistema provoca chuvas principalmente na Zona da Mata que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte e ocorre com maior frequência nos trimestres Março, Abril, Maio (MAM) e Junho, Julho, Agosto (JJA) onde as ondas apresentam amplitudes maiores e propagação de fase de forma mais organizada. As ondas tem características diferentes em cada trimestre, em MAM as ondas são mais curtas e lentas enquanto que em JJA as ondas são mais longas e rápidas (FERREIRA et al., 1990).

A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) por ter uma grande variabilidade interanual e sazonal, pode influenciar o transporte de umidade para o Nordeste do Brasil. Dependendo do seu posicionamento e deslocamento pode gerar condições propícias para a formação de nuvens e consequentemente chuva. Bastos e Ferreira (2000), construíram uma análise climatológica da ASAS, onde observaram que no trimestre correspondente ao inverno (JJA) a configuração dos ventos favorece o litoral leste do NE devido ao transporte de vapor de água oriundo do Atlântico Sul.

Os Sistemas Frontais que tem origem em latitudes altas e médias no hemisfério sul, podem atingir as latitudes tropicais quando os padrões de circulação em latitudes subtropicais são favoráveis. A ocorrência destes sistemas frontais em latitudes subtropicais influencia de maneira significativa o regime de chuvas no setor sul do Nordeste, onde há casos de frentes frias intensas que adentraram o sul da Bahia. Esses eventos são bastante frequentes de Novembro a Fevereiro e apresentam uma grande variabilidade interanual (VIRJI; KOUSKY, 1983).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é definida como uma persistente banda de nebulosidade e precipitação com orientação noroeste-sudeste, que se estende desde o sul e leste da Amazônia até o sudoeste do Oceano Atlântico Sul (CARVALHO et al., 2004). A ZCAS também pode influenciar a precipitação do sul da região Nordeste do Brasil, segundo Chaves e Cavalcanti (2001) o deslocamento para norte da sua posição climatológica está associado a uma mudança no padrão do escoamento em baixos níveis, fazendo com que o transporte de umidade da Amazônia siga em direção ao sul do NEB.

No mesmo sentido Anjos (2012), destaca que nesse contexto, têm-se os ventos de baixos níveis associados aos sistemas de pressão: os alísios de sudeste, na borda norte do ASAS e os alísios de Nordeste, na borda sul do ASAN. Além do que, no eixo do Doldrum está a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), cujas variações em posição e intensidade

estão ligadas, em parte, à simetria do ASAS e ASAN, influenciam predominantemente as precipitações no NEB.

Para Uvo e Berndtsson (1996, *apud* Ferreira e Melo 2005), cinco principais mecanismos governam o regime de chuva da região do NEB: 1) Eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); 2) Temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); 3) Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico, 4) Frentes Frias, e 5) Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). Além desses mecanismos podemos destacar também a atuação das linhas de Instabilidade (LI), dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), e do efeito das brisas marítima e terrestre na precipitação.

De acordo com Molion e Bernardo (2002), dentre os mecanismos de grande escala, destacam-se os sistemas frontais e a zona de convergência intertropical (ZCIT). Perturbações ondulatórias no campo dos ventos Alísios, complexos convectivos e brisas marítima e terrestre fazem parte da mesoescala, enquanto circulações orográficas e pequenas células convectivas constituem-se fenômenos da microescala.

Ainda segundo Molion e Bernardo (2002), um mecanismo importante de produção de chuva para o sul do Nordeste (SNE) e para o este do Nordeste (ENE) é a penetração de sistemas frontais, ou seus restos, entre as latitude 5°S e 18°S.

Molione Bernardo (*op.cit.*), destacam que:

A variabilidade interanual da distribuição de chuvas sobre o NEB, tanto nas escalas espacial quanto temporal, está intimamente relacionada com as mudanças nas configurações de circulação atmosférica de grande escala e com a interação oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico. O impacto causado pelo fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), um exemplo de perturbação climática de escala global, pode ser sentido principalmente pela modificação no regime e no total de precipitação que, dependendo da intensidade do evento, pode resultar em secas severas, interferindo, de forma expressiva, nas atividades humanas (MOLINON e BERNARDO, 2002, p.1).

Nesse sentido, Nobre e Molion (1988) concluem que, na fase quente dos eventos ENSO (El Niño), o ramo ascendente da Circulação Hadley-Walker, usualmente sobre a Amazônia, seja deslocado para sobre as águas anormalmente quentes do Pacífico Este ou Central, produzindo centros ciclônicos nos altos níveis sobre o norte/nordeste da América do Sul e uma forte subsidência sobre essa região e sobre o Atlântico tropical. Essa subsidência enfraqueceria a ZCIT e a convecção sobre o NEB, diminuindo as chuvas.

De acordo com Kayano (2009), os sistemas de circulação atmosféricas regionais e os sistemas sinóticos atuantes no NEB podem ter origem interna ou externa à região, e constituem os principais fatores dinâmicos que determinam a precipitação sazonal.

Ademais, não obstante todas as informações ora discutidas sobre os sistemas de circulação atmosférica (primária, secundária e terciária), deve-se salientar a influência preponderante da temperatura da superfície do mar (TSM) sobre a precipitação no NEB. A TSM, aliada aos fenômenos atmosféricos associados, “El Niño”⁶ e “La Niña”⁷, irão influenciar de forma direta na distribuição da precipitação no NEB, ocasionando assim, a irregularidade interanual na ocorrência deste elemento climático, que por conseguinte, altera de forma significativa o desenvolvimento das atividades humanas nesta região.

O clima é um fenômeno dominante na configuração do domínio das depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste (o domínio das caatingas) e, por conseguinte do semiárido do São Francisco Sergipano. Portanto, sua influência é preponderante para a formação do quadro geocológico da caatinga sergipana, sendo assim responsável, principalmente pela formação dos solos e da vegetação deste domínio paisagístico, e por extensão, atua na configuração da susceptibilidade ao desencadeamento da desertificação nesse espaço.

Conforme salientado, além das altas temperaturas e baixos índices pluviométricos característicos dos climas semiáridos. O NEB e, mais especificamente, a região do Sertão do São Francisco Sergipano apresentam irregularidade na incidência das chuvas, o que acarreta em incertezas quanto aos meses chuvosos, modificando o calendário agrícola, e por vezes ocasionando maiores perdas para os agricultores nordestinos.

No estado de Sergipe, de acordo com Costa et al. (2011) no que diz respeito aos sistemas atmosféricos indutores de chuva, existem, no mínimo, seis sistemas meteorológicos atuantes que determinam precipitação significativa: a Zona de Convergência Intertropical

⁶Em anos de El Niño, quando as águas superficiais da Bacia do Pacífico, em torno do Equador, e sobre o lado centro-leste, estão mais aquecidas, toda a convecção equatorial também se desloca para o leste, alterando assim o posicionamento da Célula de Walker. Devido à continuidade da circulação atmosférica, o ar quente sobre aquela região é empurrado, originando uma célula descendente sobre o Oceano Atlântico, próximo à região Nordeste do Brasil (NEB) e à Amazônia oriental. Dependendo da intensidade dessa célula de circulação e de sua fase de ocorrência, pode haver inibição da formação de nuvens e descida da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e, conseqüentemente, pode haver deficiência das chuvas na região do NEB. Assim, o fenômeno El Niño, é um dos responsáveis pela redução das chuvas na região norte do Nordeste do Brasil (NEB) (FERREIRA E MELO, 2005).

⁷O fenômeno La Niña (resfriamento anômalo das águas do oceano Pacífico) associado ao dipolo negativo do Atlântico (favorável às chuvas), é normalmente responsável por anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos na região Nordeste do Brasil (FERREIRA E MELO, 2005).

(ZCIT), as bandas de nebulosidade associadas a frentes frias, os Distúrbios de Leste, os ciclones na média e na alta troposfera do tipo baixas frias (conhecidos como Vórtices Ciclônicos de Ar Superior - VCAS), as brisas terrestre e marítima e as oscilações de 30-60 dias.

Segundo Pinto (2007), a distribuição das chuvas no estado segue o padrão espacial regional decrescendo o seu volume com o afastamento da fonte de suprimento da umidade no oceano. As chuvas residuais que ocorrem em outubro, embora reduzidas a fracas manifestações próximas ao litoral, são resultantes da influência da superfície oceânica através das temperaturas das águas.

As principais massas de ar responsáveis por precipitações pluviométricas em Sergipe são a Massa Equatorial do Atlântico Sul (MEAS) que atua mais a noroeste do estado; a Massa Polar Atlântica (MPA) e a Massa Tropical Atlântica (MTA) que atuam prioritariamente no restante do estado e são bastante influenciadas pela continentalidade (DINIZ et al., 2014).

De acordo com Diniz et al. (2014) o semiárido sergipano, apesar de manter o mesmo regime com máximo índice pluviométrico no mês de maio e sendo influenciado pelas mesmas massas de ar do litoral, a continentalidade se apresenta como fator limitante para a atuação da MTA e, em especial, da MPA que não avançam muito para longe do litoral. Vale ressaltar que, quando ocorre esse fato, o tempo de atuação dessas massas é bem menor, diminuindo o número de meses úmidos (Figura 8).

Seguindo o padrão do semiárido brasileiro, o sertão sergipano possui regime de chuvas escassas e irregulares, as precipitações apresentam alta variabilidade interanual e acentuados contrastes espaciais, tornando assim difícil o desenvolvimento das atividades produtivas.

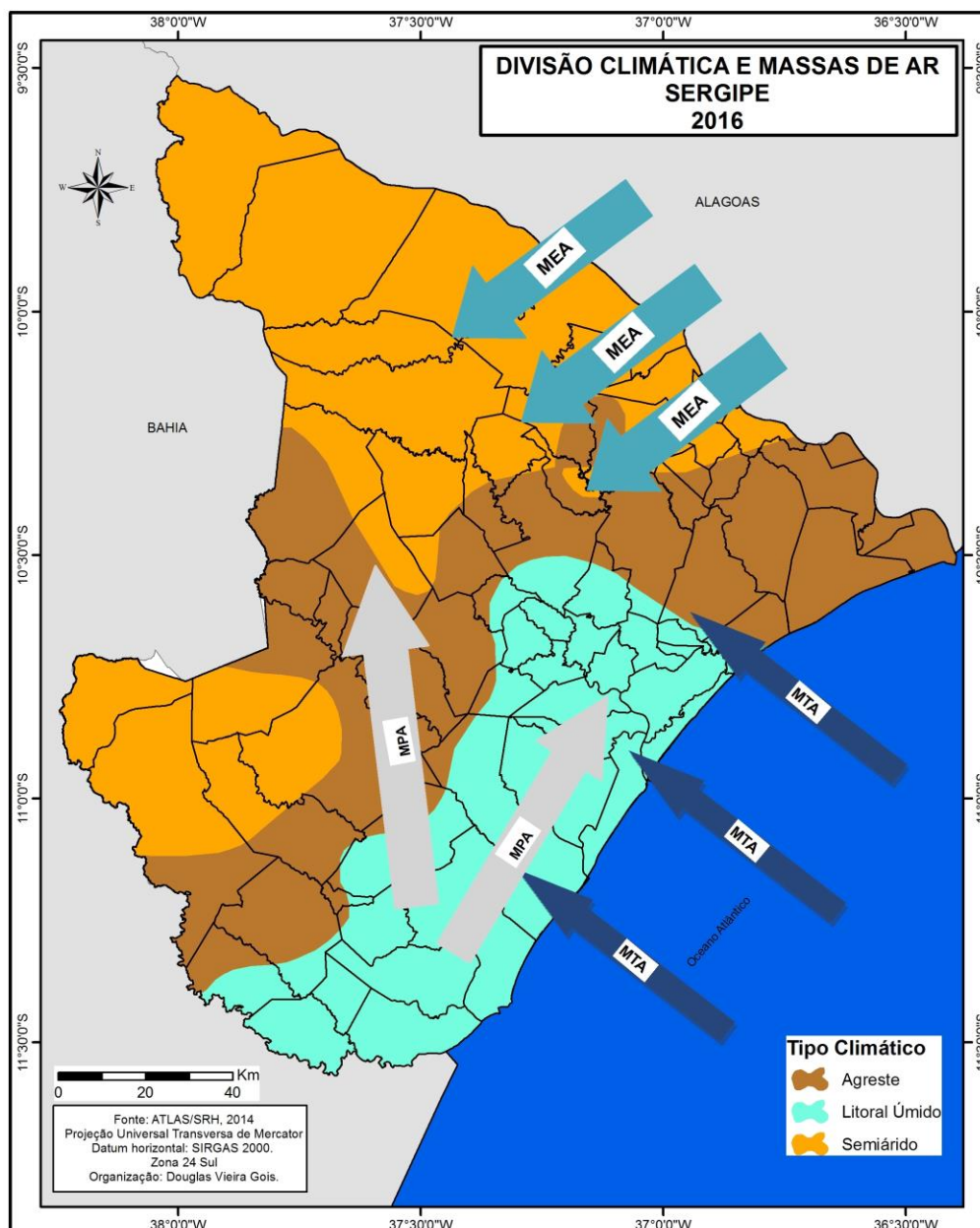


Figura 8- Divisão Climática e massas de ar atuantes no estado de Sergipe.

O município de Poço Redondo, localizado no noroeste do estado de Sergipe apresenta clima semiárido com altas temperaturas durante o ano, com média compensada de 25,2°C e máximas com média de 31°C, aliadas a baixos totais anuais de precipitação pluviométrica, em média 552,0, além da irregularidade temporal quanto aos meses secos e chuvosos (Figura 9).

Segundo Diniz et al. (2014), os cerca de 61,7 mm de precipitação em abril atestam a participação da ZCIT (através da MEAS) nas chuvas no extremo noroeste do estado de Sergipe, o que favorece a maior incidência de chuvas na área de estudo.

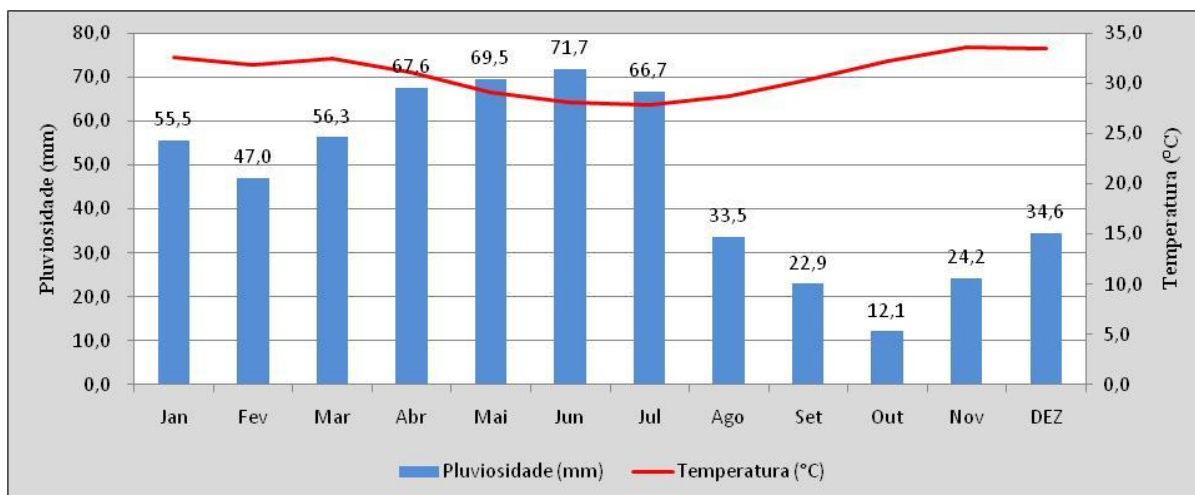


Figura 9- Climograma Pluviosidades e Temperaturas Médias Mensais - (Poço Redondo-SE): 1963-2010.
Fonte: SRH-SE (2014). Organização: GOIS e MELO & SOUZA (2014).

Do ponto de vista do estado médio da atmosfera, com base nas normais climatológicas, o município de Poço Redondo apresenta 8 meses secos⁸, sua estação chuvosa acontece entre os meses de março e julho, apresentado máximo de precipitação de cerca de 71,7 mm em junho e mínima de cerca de 12,1 mm em outubro. Contudo, faz-se necessário salientar que tais índices correspondem às médias, portanto, não representam o comportamento habitual de todos os anos, sobretudo por se tratar de uma zona climática onde se têm uma elevada irregularidade sazonal no ritmo das chuvas.

Embora a dinâmica climática e, por conseguinte a distribuição das chuvas não obedeçam à limites rígidos, o mapa da figura 8 nos proporciona uma noção da dinâmica pluviométrica em Poço Redondo, haja visto suas interações com os fatores dinâmicos (massas de ar) e estáticos (relevo) que configuram diferentes índices das variáveis climáticas dentro do município (Figura 10).

⁸Considerou-se mês seco aquele cujo total das precipitações em milímetros é igual ou inferior ao dobro da temperatura média em Graus Celsius ($P \leq 2T$).

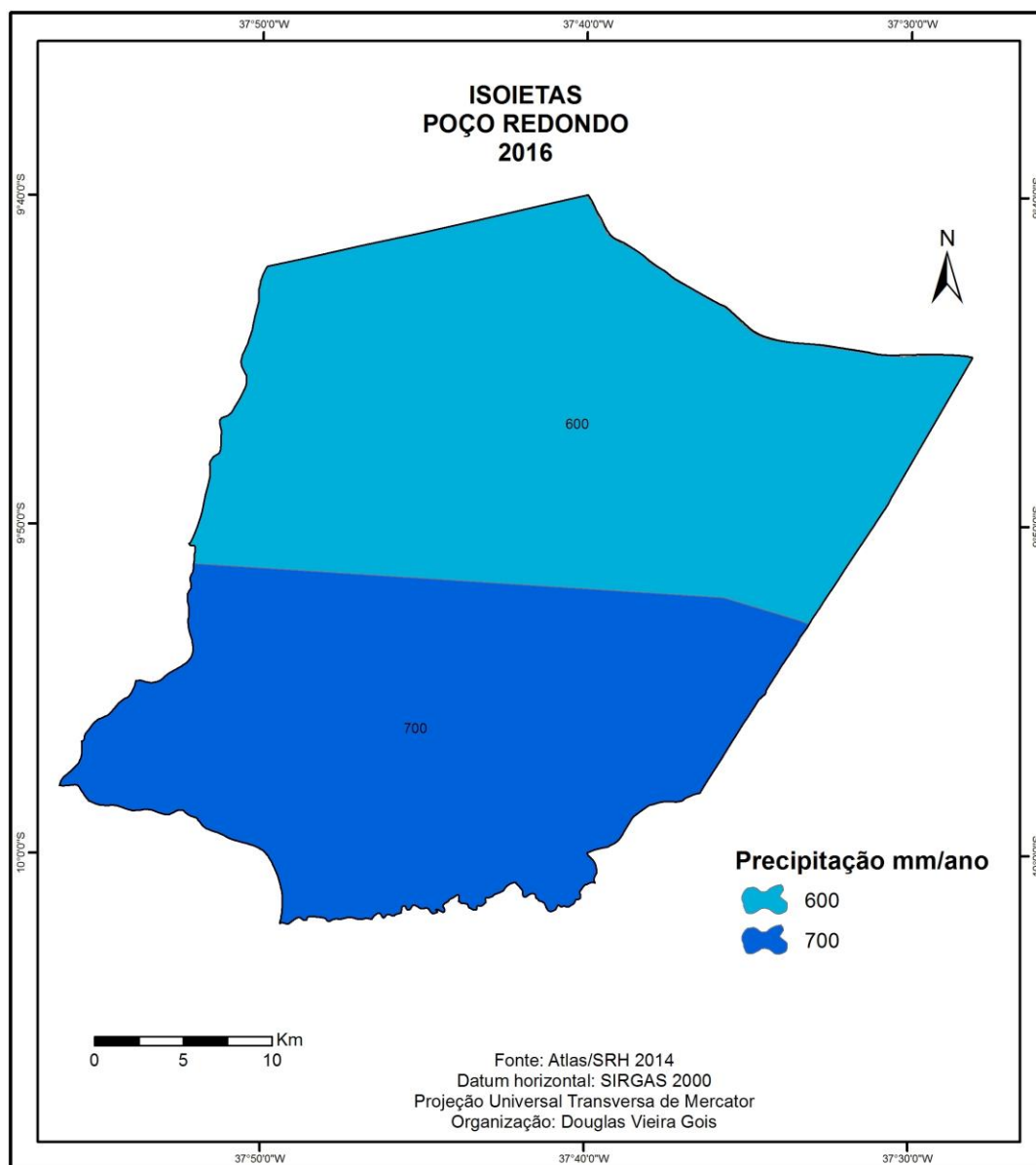


Figura 10- Distribuição das Isoietas no município de Poço Redondo-SE.

Ainda que as médias possam auxiliar na análise climatológica, a análise dinâmica do clima, leia-se, a análise detalhada da distribuição da precipitação entre os meses e até mesmo entre diferentes anos, que por sua vez estão associados à dinâmica da atmosfera em suas diferentes escalas e, por conseguinte, os sistemas atmosféricos é que expressam a verdadeira dinâmica climática.

Nesse sentido, cabe salientar que a precipitação da área em estudo não segue uma regularidade pois apresenta uma elevada variabilidade tanto interanual como intrasazonal. A pluviosidade possui grandes variações mesmo dentro dos meses considerados chuvosos para a região como o mês de junho, que dentro da série histórica analisada apresentou 25,5% de seus

totais muito abaixo da média, sendo considerado um mês seco em diversos anos (quadro 5).

Quadro 5- Classificação dos meses e anos- padrões secos, habituais e chuvosos no município de Poço Redondo/SE.

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano Padrão
1963	114,0	16,7	24,3	61,2	38,6	26,7	11,2	14,3	18,2	0,0	27,9	139,3	492,4
1964	122,5	46,2	61,2	47,6	110,9	21,4	54,0	51,5	47,5	14,6	5,5	9,5	592,4
1965	110,1	23,8	10,2	71,5	0,0	17,0	29,3	21,1	5,2	34,6	83,4	36,1	442,3
1966	3,1	111,3	107,0	263,9	88,6	120,1	87,4	13,4	39,8	8,4	76,6	76,1	995,7
1967	0,0	39,2	26,7	85,9	124,8	101,0	94,3	73,7	39,5	0,0	0,0	137,7	722,8
1968	64,3	101,0	18,9	9,0	115,2	57,6	68,0	16,6	4,4	21,4	113,3	24,9	614,6
1969	60,8	13,5	77,6	19,7	64,2	83,4	67,0	21,6	3,0	0,0	0,9	25,8	437,49
1970	56,6	0,0	49,1	0,0	2,4	31,1	30,6	2,0	23,2	8,1	20,3	0,0	223,39
1971	0,0	0,0	52,4	157,1	59,0	38,1	29,5	9,1	31,1	7,1	0,0	0,0	383,4
1972	115,5	266,6	44,6	32,1	133,2	123,8	95,3	34,3	0,0	4,3	2,2	182,4	1034,29
1973	12,6	0,0	29,6	71,8	54,2	65,9	69,5	29,2	73,7	0,0	0,0	0,0	406,49
1974	64,4	145,8	145,6	239,0	175,6	33,0	77,7	43,8	15,0	14,1	89,1	12,1	1055,2
1975	40,2	0,0	10,0	123,8	74,2	129,4	169,2	53,0	40,6	0,0	37,2	17,8	695,4
1976	0,0	39,6	18,5	74,1	13,3	17,6	5,3	9,3	50,6	109,8	48,8	0,0	386,9
1977	61,5	0,0	0,0	42,3	97,2	91,8	118,9	87,0	0,0	0,0	0,0	187,1	685,8
1978	8,4	41,7	246,2	17,0	66,9	0,0	30,6	35,1	17,4	0,0	23,3	21,4	508
1979	14,3	48,6	53,0	75,5	73,0	36,9	50,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	351,4
1980	38,4	173,2	84,2	0,0	0,0	29,6	27,8	5,1	24,4	18,0	24,6	10,1	435,4
1981	72,8	5,1	118,8	53,0	0,0	15,3	4,2	14,2	0,0	0,0	75,6	67,7	426,7
1982	0,0	16,3	0,0	40,2	54,3	23,5	10,3	12,8	0,0	0,0	0,0	21,0	178,4
1983	46,3	114,8	41,6	43,3	0,0	10,7	6,3	32,3	0,0	0,0	0,0	0,0	295,3
1984	0,0	4,2	59,8	65,0	62,3	11,4	80,8	42,3	46,5	0,0	0,0	0,0	372,3
1985	118,4	44,0	82,7	173,9	49,9	82,2	111,6	62,5	27,8	0,0	5,6	121,6	880,2
1986	19,3	11,3	111,0	55,3	130,0	44,0	112,0	33,0	54,0	57,1	62,5	4,5	693,99
1987	4,0	20,1	41,5	68,0	32,5	66,5	64,0	45,0	5,5	0,0	0,0	0,0	347,1
1988	0,0	2,0	94,5	170,0	119,0	203,5	132,5	33,0	27,2	23,0	26,0	67,0	897,7
1989	2,2	0,0	43,2	66,0	134,0	107,9	165,8	36,1	13,0	5,5	81,1	133,0	787,8
1990	11,0	46,5	36,0	25,5	29,3	56,0	67,2	44,7	27,1	9,5	33,0	3,0	388,8
1991	0,0	0,0	83,0	5,0	132,8	75,0	61,4	34,0	20,6	0,0	64,0	28,9	504,7
1992	135,3	207,6	128,3	33,1	0,0	71,2	109,3	27,1	25,5	0,0	2,7	61,2	801,3
1993	30,8	8,3	0,0	16,6	31,9	57,0	36,3	33,1	12,1	48,0	5,0	2,1	281,15
1994	0,9	8,4	107,4	41,9	42,3	298,5	70,3	27,1	20,5	15,0	0,0	21,0	653,22
1995	15,0	0,0	13,5	60,5	53,0	125,0	98,0	27,0	10,0	0,0	14,0	0,0	416
1996	12,5	0,0	0,0	177,5	31,5	95,0	51,5	65,0	0,0	0,0	16,0	12,0	460,95
1997	241,0	64,0	196,0	156,5	126,0	46,3	44,5	35,0	0,0	6,0	23,5	5,0	943,8
1998	14,0	0,0	21,0	10,0	9,5	93,0	46,0	17,0	10,0	0,0	0,0	0,0	220,5
1999	0,0	7,0	0,0	11,5	94,5	57,0	64,5	25,5	18,0	48,5	36,0	8,0	370,5
2000	76,9	61,5	15,0	55,0	43,5	67,8	18,3	24,8	41,8	0,0	27,3	6,0	437,9
2001	0,0	10,2	5,0	1,0	5,4	28,0	41,3	40,6	21,5	62,6	13,2	44,2	273
2002	215,2	142,5	49,5	12,0	155,0	55,0	59,0	22,3	16,0	0,0	0,0	0,0	726,5
2003	35,5	17,5	18,2	38,0	79,3	52,2	11,0	95,0	66,0	32,4	56,5	3,0	504,6
2004	587,0	103,1	6,0	21,5	84,0	174,5	69,1	17,0	5,0	0,0	22,5	0,0	1089,7
2005	58,0	84,0	116,5	90,0	150,0	251,9	186,5	74,5	36,5	0,0	0,0	87,5	1135,4
2006	0,0	0,0	75,0	70,8	46,8	71,9	122,6	6,5	72,3	27,8	20,7	0,0	514,4
2007	14,4	102,6	64,0	61,9	79,9	21,1	60,1	41,9	33,1	0,0	0,0	13,7	492,7
2008	68,8	65,3	82,7	38,2	46,3	23,3	66,5	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	417,16
2009	0,0	1,3	0,0	16,9	185,3	56,5	50,6	73,9	17,7	0,0	0,0	0,0	402,2
2010	57,0	39,2	30,8	175,9	36,3	77,3	63,3	20,0	38,8	6,0	0,0	16,2	560,77
2011	27,3	8,5	80,0	88,7	91,4	23,0	67,5	19,7	16,0	23,1	27,8	0,0	472,89
2012	36,5	9,0	3,3	3,5	7,0	23,5	32,8	26,5	21,0	4,8	0,0	0,0	167,75
2013	78,0	0,5	0,0	61,9	56,5	37,4	135,4	49,1	1,9	118,9	15,0	19,0	573,6
MÉDIA	56,2	44,5	54,6	66,7	68,4	69,2	67,4	33,4	22,3	14,3	23,2	31,9	552,0
				Legenda	Seco	Habitual	Chuvoso						

Nesse sentido, deve-se salientar que os totais de precipitação sofrem muitas variações entre os meses de cada ano, com predominância de meses e anos secos, que são “meses ou anos com pluviosidade reduzida, com índices de desvio padrão inferiores a - 25% da média normal” (SANT’ANNA NETO, 1990). Os meses-padrão secos corresponderam a 41,2% da

série histórica, confirmando assim a predominância dos déficits hídricos intrasazonais, como também interanuais (Figura 11). Quanto aos acumulados anuais, 49% da série histórica foi composta por anos-padrão secos.

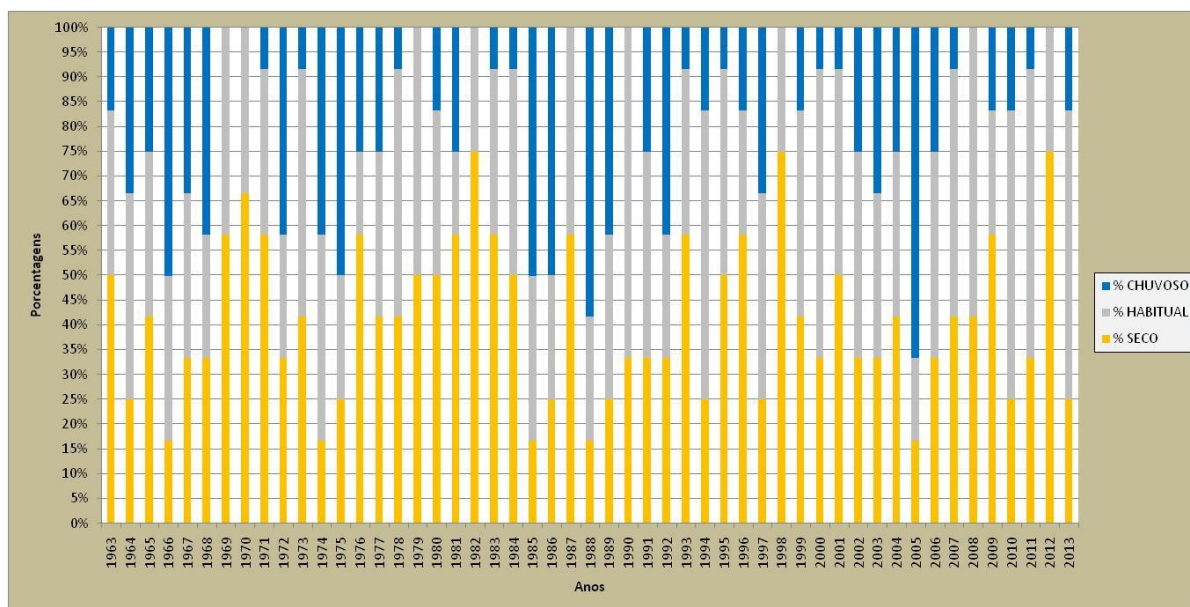


Figura 11- Porcentagens de meses-padrão durante os anos no período histórico de 1963-2013.

Os meses e anos-padrão habituais são meses ou anos “com pluviosidade normal, cujo total pluvial situa-se dentro dos desvios médios padrão, com variação de -12,5% a +12,5%” (SANT’ANNA NETO, 1990). Nesse sentido, o padrão habitual correspondeu a 37,4% dos meses da série histórica. Já os anos-padrão habituais representaram 19,6%. Entretanto, ainda que o habitual corresponda a valores próximos a média, a predominância dos mesmos corresponde à pluviosidade reduzida, leia-se, o normal para o semiárido, o que dificulta o desenvolvimento das atividades produtivas no município.

Já os meses e anos-padrão chuvosos, que de acordo Sant’anna Neto (1990) são meses ou anos com pluviosidade ligeiramente elevada, próxima à média normal, com desvio acima de +12,5%. Estes apresentam pouca frequência no município, com ocorrência em apenas 21% dos meses da série histórica, enquanto que os acumulados durante os anos correspondem a 31,4%. Assim, ao analisarmos a dinâmica dos meses e anos-padrão pode-se concluir que a predominância de anos e meses secos e habituais que são compostos por baixa pluviosidade representa a síntese pluviométrica do município de Poço Redondo.

Nesse sentido, tendo em vista as principais causas da irregularidade pluviométrica no semiárido, o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) pode ser entendido com principal agente de modificação no regime e nos totais de precipitação que, dependendo da intensidade do evento,

pode resultar em secas severas. No semiárido sergipano, mais especificamente no município de Poço Redondo, a atuação dos eventos do El Niño implica em reduções significativas na dinâmica das chuvas, acarretando em baixos índices pluviométricos, caracterizando assim eventos de secas severas (Figura 12).

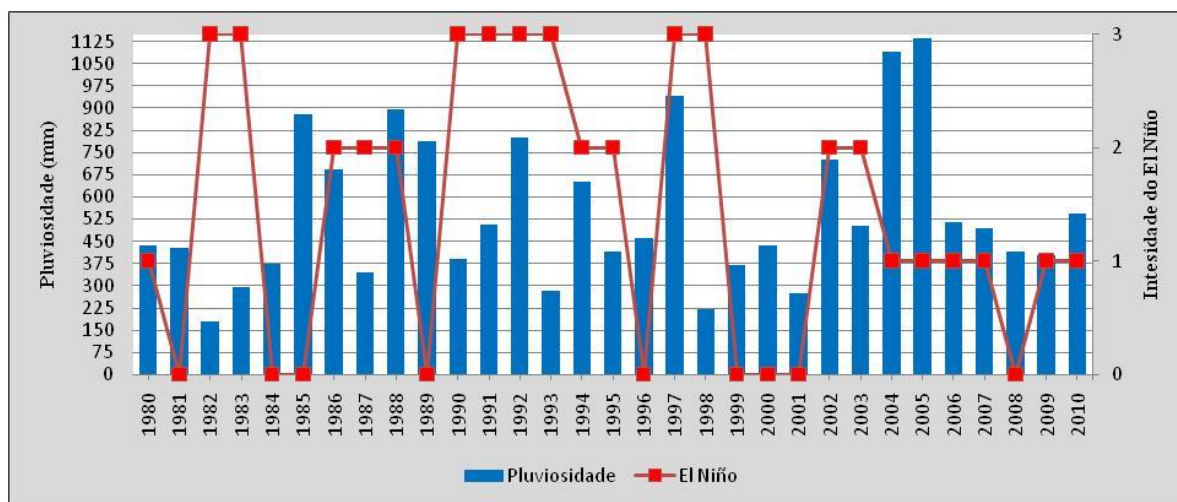


Figura 12- Gráfico de Correlação entre ocorrências de El Niño (Escala 0-sem ocorrência; 1-fraco; 2-moderado e 3-forte) e Totais Pluviométricos anuais (Poço Redondo-SE) - 1980-2010. Fonte dos dados: SRH-SE & CPTEC/INPE (2015). Organização: GOIS e MELO & SOUZA (2015).

Ao analisar o gráfico da figura 12, onde são correlacionadas as ocorrências El Niño e os totais pluviométricos de uma série temporal de 30 anos, pode-se destacar a relação entre os eventos de El Niño e ocorrências de acumulados de chuva abaixo da média da série histórica da figura 12, que é de 544,9 mm, havendo períodos onde as secas se prolongam por mais de dois anos, como nos eventos de 1982-1983 e 1997-1998. Portanto, eventos extremos de El Niño podem ser associados ao agravamento da degradação ambiental associada aos períodos de seca, aumentando assim a suscetibilidade ao desencadeamento do processo de desertificação.

Ademais, destaca-se que os baixos índices pluviométricos e sua irregularidade interanual, aliados a alta evapotranspiração que configura altos índices de aridez (0,38), são os principais fatores responsáveis pelo desencadeamento do processo de desertificação, haja vista a importância das chuvas para a formação dos horizontes dos solos, e, por conseguinte da vegetação. Portanto, tal condição de irregularidade temporo-espacial desestabiliza os sistemas ambientais e sociais.

Aspectos pedológicos

No semiárido brasileiro, em consequência da diversidade de material de origem, de relevo e da intensidade de aridez do clima, verifica-se a ocorrência de diversas classes de solo, os quais se apresentam em grandes extensões de solos jovens e, também, solos evoluídos e profundos (CUNHA et al., 2008).

Jacomine (1996) assevera que na região semiárida, existe uma grande diversidade de litologias e material originário, relevo e regime de umidade do solo, e estes fatores dão como resultados a presença de diversas classes de solos, as quais apresentam diferentes feições morfológicas e posições na paisagem.

De acordo com Correa et al. (2014), as classes de solos do semiárido brasileiro e sua relação com os processos erosivos podem ser divididos em dois grandes grupos: os dos solos tipicamente semiáridos e os reliquiais, estando alguns em desequilíbrio biopedoclimático.

As classes de solos associados à dinâmica climática atual são os neossolos, luvisolos, planossolos e vertissolos, enquanto as classes não diretamente relacionadas com o clima atual são os latossolos e argissolos.

Os luvisolos compreendem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação de bases elevada, imediatamente abaixo do horizonte A ou horizonte E. Apresentam diversos horizontes superficiais, exceto A chernozêmico e horizonte hístico. Quando Luvisolos Crômicos: solos com caráter crômico na maior parte do horizonte B (JACOMINE, 2009).

São solos de profundidade mediana, com cores desde vermelhas a acinzentadas, horizonte B textural ou nítico abaixo de horizonte A fraco moderado ou horizonte E, argila de atividade alta e alta saturação por bases. Geralmente apresentam razoável diferenciação entre os horizontes superficiais e os subsuperficiais. A mineralogia das argilas condiciona certo fendilhamento em alguns perfis nos períodos secos (IBGE, 2007).

Os luvisolos variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos (60 – 120 cm), com seqüência de horizontes A Bt e C, e nítida diferenciação entre A e Bt, devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre os mesmos (MENDONÇA, 2006).

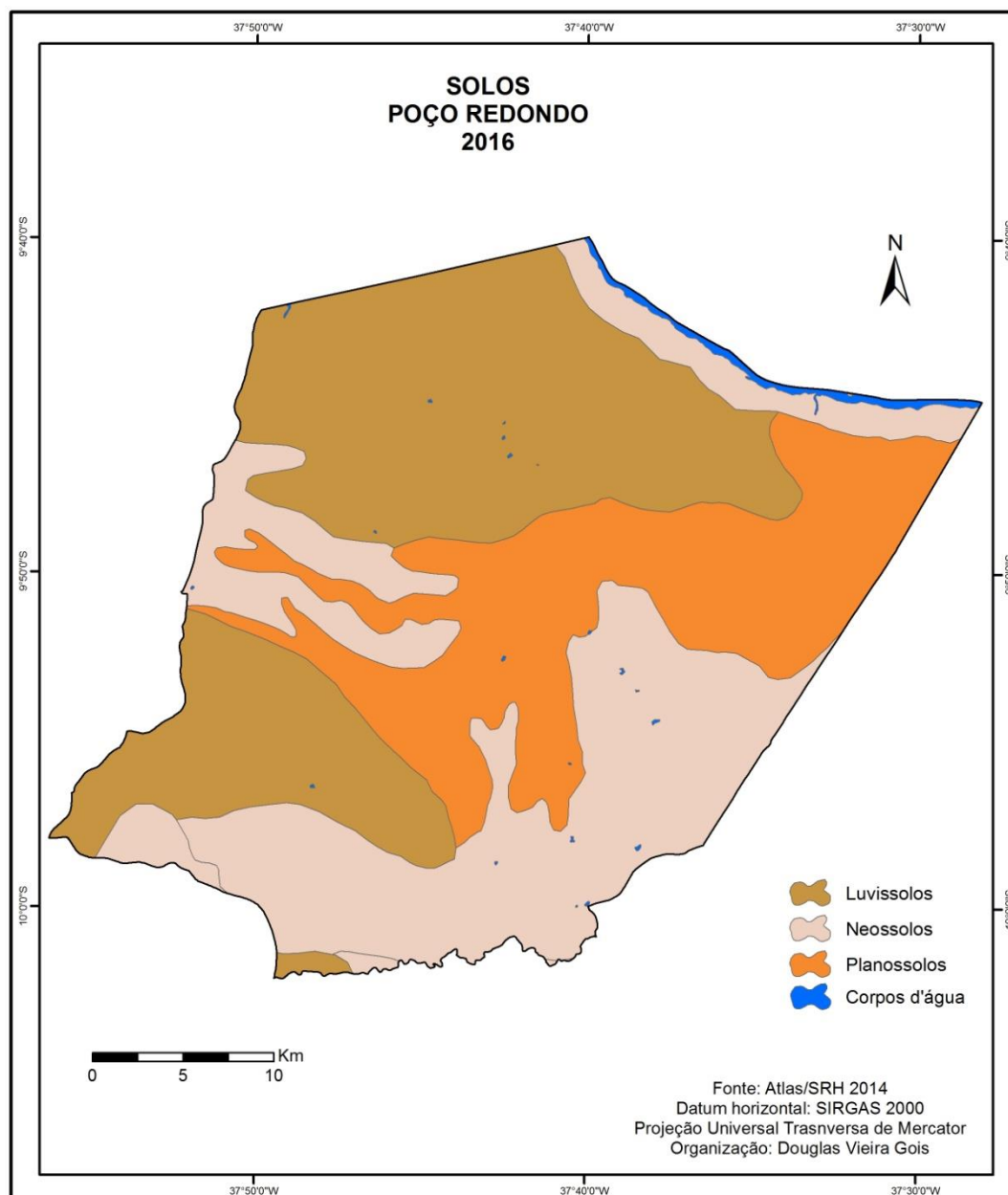


Figura 13- Classes de solos no município de Poço Redondo-SE.

Em Poço Redondo, há uma predominância dos Luvisolos que representam 40% da área do município, seguido dos Neossolos 34% e dos Planossolos 26%. Portanto, a área em estudo apresenta grandes extensões de seu território com solos que possuem alta suscetibilidade à erosão e, por conseguinte, maior predisposição ao desencadeamento de degradação ambiental (Figura 13).

Segundo Lepsch (2010), a pequena espessura do luvisolo crômico do semiárido é devida, principalmente, pelas condições de clima, com chuvas escassas e mal distribuídas. A escassez de umidade dificulta a decomposição das rochas e, assim originar o aprofundamento do solo. É comum a ocorrência, sobre a superfície de uma camada, de fragmentos rochosos de

tamanhos variados, deixados pela erosão, que remove as partículas menores e não consegue mover os cascalhos, devido ao seu tamanho.

De acordo com Albuquerque et al. (2002), as perdas anuais de solo do tipo Luvisolos em áreas desmatadas do semiárido chegam a alcançar $58,5 \text{ t/ha}^{-1}$. Isto ocorre, pois a susceptibilidade à erosão hídrica é uma de suas características; potencializada pela morfologia do terreno, intensidade pluviométrica, cobertura vegetal decídua e técnicas agrícolas tradicionais.

No que diz respeito à relação com substrato geológico, os luvisolos ocupam grande extensão e estão relacionados as áreas cristalinas do sertão nordestino, onde é frequente a presença de pavimento desértico (revestimento pedregoso) na superfície do solo ou dentro do horizonte A, principalmente, com os biotita-gnaiss e biotita-xisto, em áreas de relevo suave ondulado, em condições de drenagem livre (JACOMINE, 1996).

O neossolo compreende solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário, devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como pela maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica, ou por influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução desses solos (MENDONÇA, 2006). Por conseguinte, são solos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte “B” diagnóstico (MENDONÇA, 2006).

Os Neossolos Litólicos são solos com horizonte A ou hístico, assentes diretamente sobre a rocha, sobre horizonte e/ou Cr, ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm, que apresentam um contato lítico ou fragmentário dentro de 50cm da superfície do solo (BRASIL, 2007).

Os Neossolos Litólicos predominam em áreas com declives fortes de áreas com relevo movimentado. Essa classe de solo tem muitas limitações ao uso agrícola, pelo fato de e a rocha situar-se a pouca profundidade e as pedras serem freqüentes na superfície (LEPSCH, 2010).

Conforme ressaltam Oliveira et al. (2008), os Neossolos apresentam baixa tolerância à erosão, com valores entre $5,41$ e $6,30 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. De acordo com os autores, esta

característica pode ser explicada pela baixa profundidade efetiva, resultando em uma baixa infiltração e aumento dos riscos de erosão.

Os Neossolos possuem suscetibilidade à erosão muito alta em qualquer dos casos, determinada, basicamente, pela ocorrência do substrato rochoso a pequena profundidade (CUNHA et. al. 2010).

O planossolo compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B ou com transição abrupta conjugada com acentuada diferença de textura do A para B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte plânico, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspensão), de existência periódica e presença variável durante o ano (MENDONÇA, 2006).

Ocorrem preferencialmente em áreas de relevo plano ou suave ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem a permanência cíclica anual de excesso de água, mesmo que de curta duração, especialmente em regiões sujeitas à estiagem prolongada, e até mesmo sob condições de clima semi-árido (SANTANA e SANS, 2008).

Planossolos são solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alético. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos (JACOMINE, 2009).

O maior teor de argila dos solos nas classes do neossolos e luvisolos, em seus horizontes superficiais, não conduz a infiltração da água, o que favorece a dinâmica erosiva superficial (CORREA et. al. 2014).

Os planossolos, em face do marcado gradiente textural entre o horizonte superficial arenoso e o subsuperficial argiloso, favorecem a infiltração e o escoamento subsuperficial da água. Contudo, a exposição de perfis de planossolo ao longo de cursos d'água, seja pela erosão fluvial espasmódica, ou pela retirada da vegetação nativa e do estrato herbáceo pelo sobrepastoreio e práticas tradicionais de manejo, conduz ao afloramento da linha de exudação, ainda que altamente sazonal, da drenagem hipodérmica, o que favorece a rápida perda do horizonte superficial desses solos pela erosão em sulcos, formando patamares bem marcados

na paisagem, entre o horizonte superficial truncado e recuado, e a soleira basal argilosa, e muitas vezes rica em sais, agora exposta a superfície, favorecendo a salinização dos solos (CORREA et. al. 2014).

Do ponto de vista morfológico, os planossolos são muito propensos aos processos erosivos, particularmente aqueles de ação superficial (erosão laminar, por exemplo.). A presença de horizonte B textural de muita baixa permeabilidade e a mudança textural abrupta são os principais condicionantes de sua elevada erodibilidade (CUNHA et. al. 2010).

Solos como os Luvissolos, em geral com maiores conteúdos de argila e em relevos bastante dissecados, representam as terras com elevada suscetibilidade à erosão. Já a ocorrência de horizontes superficiais arenosos, bem como o aumento do teor de argila em profundidade, torna os Argissolos e Planossolos medianamente suscetíveis à erosão nas condições climáticas próprias da região (GEO Brasil, 2007).

Ademais, pode-se destacar que as classes de solos presentes na área de estudo predominam solos litólicos, com horizontes pouco desenvolvidos e consideráveis limitações quanto ao uso, alta suscetibilidade à erosão, e risco de salinização e de solonização e, por conseguinte maior propensão ao desencadeamento da desertificação.

Aspectos geológicos

Geologicamente o estado de Sergipe está localizado na região limítrofe de três províncias estruturais definidas por Almeida et al. (1977 apud Silva, 2001): a Província São Francisco, a Província Borborema e a Província Costeira e Margem Continental.

O contexto geológico do município está representado predominantemente por litótipos dos domínios neoproterozóico e mesoproterozóico da Faixa de Dobramentos Sergipana (CPRM, 2002).

Deste modo, tendo em vista a constituição litológica dos complexos geológicos presentes no município de Poço Redondo (Figura 14), Santos (2001) disserta:

O **Complexo Canindé** congrega um conjunto de rochas metavulcânicas e metassedimentares, descritas inicialmente por Silva Filho et al. (1977) e interpretadas como a suíte ofiolítica da então denominada Geossinclinal Sergipana. Esta suíte englobaria também o corpo gabróico de Canindé. A tentativa de agrupar essas rochas em unidades informais deve-

se a Silva Filho et al. (1979), tomando como base suas relações espaciais e afinidades genéticas.

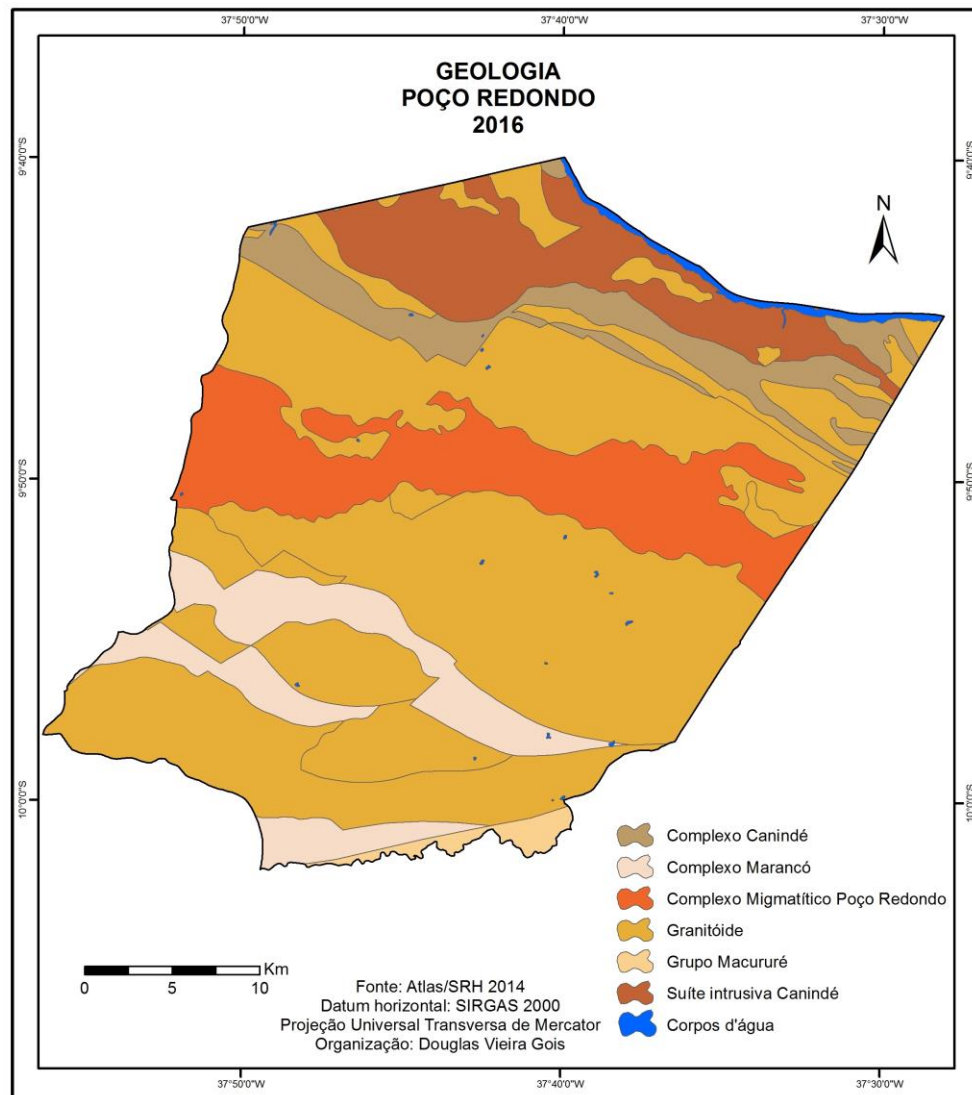


Figura 14- Formações geológicas do município de Poço Redondo-SE.

Desse modo, nas rochas supracrustais foram individualizadas as unidades Mulungu, Garrote, Novo Gosto e Gentileza, encaixantes do plutonismo gabróico denominado de Suíte Intrusiva Canindé.

Os contatos do Complexo Canindé, tanto internos como externos, são geralmente tectônicos. Na terminação leste de sua área de ocorrência, a transposição tectônica foi menos intensa, e observam-se contatos transicionais entre as unidades, além de dobramentos bem preservados, mesmo em escala de mapa. São cortados por granitóides diversos, principalmente tipo Xingó, e estão estruturalmente concordantes com *sheets* graníticos tipo Garrote, milonitizados.

Os Litótipos do **Complexo Marancó**, de natureza vulcano-sedimentar, imbricado tectonicamente com granitóides tipo Serra Negra, estes últimos descritos em item separado, juntamente aos demais granitóides. Tanto o complexo como os granitóides tipo Serra Negra mostram-se intensamente cisalhados, com foliações subverticais, subparalelas a zonas de cisalhamento dúctil contracionais oblíquas de alto ângulo, e com transcorrências rúpteis transversais superpostas. O metamorfismo é de fácies anfibolito, cuja para gênese original raramente é preservada, devido ao retrometamorfismo que acompanha as zonas de cisalhamento.

As **rochas migmatíticas de Poço Redondo** ocorrem sob a forma de abundantes lajedos, aflorantes ao longo de uma faixa orientada NW-SE, concordante com a estruturação regional. Observa-se que os contatos com os granitóides tipo Glória são quase sempre muito irregulares e difusos. A sudeste de Poço Redondo existem afloramentos com xenólitos de ortognaisse bandado, dobrado, em granitóides relacionados tipo Glória, que, por sua vez, são truncados por leucogranitos pós-tectônicos tipo Xingó.

Exibem protólitos predominantemente gnáissicos de composição granodiorítico-tonalítica, em variadas taxas de fusão parcial. Deste modo, podem ocorrer tanto gnaisses bandados, com raros mobilizados félsicos, como sob a forma de rocha homogênea, com foliação difusa, nas zonas de estágio mais avançado de granitização. Os termos intermediários são migmatitos com estruturas dobradas irregulares, com leucossomas pegmatóides concordantes e discordantes, emesossomas gnáissicos à biotita ou biotita e hornblenda.

As rochas plutônicas **granitóides da Faixa de Dobramentos Sergipana** têm ampla distribuição no Estado de Sergipe. Foram caracterizadas e agrupadas tomando-se como base principalmente sua época de colocação em relação aos principais eventos tectônicos tangenciais e, conseqüentemente, também às suas características petrogenéticas. Esses granitóides foram denominados informalmente como tipos Garrote, Serra Negra, Curralinho, Glória, Xingó, Serra do Catu e Propriá, seguindo-se procedimento normalmente utilizado na cartografia geológica regional.

O **Domínio Macururé**, limita-se com o Domínio Vaza-Barris ao longo das zonas de cisalhamento São Miguel do Aleixo e Nossa Senhora da Glória, de movimentação contracional oblíqua sinistral. Compõe-se pelo Grupo Macururé (Barbosa, 1970; Silva Filho et al. 1977; Santos et al., 1988; Jardim de Sá et al. 1981 e outros), predominantemente

metapelítico e com grande variação de faciologias, e raras intercalações de metavulcanitos ácidos a intermediários.

Seus litótipos apresentam estratificação rítmica, como turbiditos de natureza flyschóide. A deformação é polifásica, com orientação geral NW-SE na parte oeste do domínio, sendo mais desarmônica na parte leste. O metamorfismo é da fácies anfibolito. A presença de abundantes corpos de granitóides intrusivos, tardia pós-tectônicos, é uma característica marcante deste domínio. Estas intrusões provocam metamorfismo de contato nos metassedimentos encaixantes e modificações nas estruturas pretéritas. Falhas transcorrentes NE-SW são freqüentes, por vezes controlando a colocação de diques básicos de espessuras métricas, provavelmente mesozóicos.

A **suíte Intrusiva Canindé**, aflora em uma faixa com largura em torno de cinco quilômetros e extensão aproximada de quarenta quilômetros, paralelamente ao rio São Francisco, entre o povoado Niterói e a cidade de Canindé do São Francisco. Corpos menores ocorrem intrudindo rochas supracrustais do Complexo Canindé ou em megaxenólitos em granitóides tipo Xingó. Seus contatos são intrusivos ou através de zonas de cisalhamento dúctil, principalmente com litótipos do Complexo Canindé. Suas melhores exposições localizam-se ao longo das estradas Poço Redondo- Canindé do São Francisco e Poço Redondo- Curralinho, e ao longo do rio Jacaré e riacho Santa Maria. Exposições artificiais ocorrem próximas a Canindé do São Francisco, remanescentes das obras de irrigação do Projeto Califórnia.

A Suíte Intrusiva Canindé apresenta grande variedade composicional, onde são identificados gabros normais, noritos, microgabros, olivina gabros, leucogabros, anortositos, troctolitos e rochas ultramáficas, por vezes com texturas de *cumulus* e *intercumulus*, indicativas de processos de diferenciação magmática. As paragêneses dessas rochas indicam metamorfismo de grau médio, de fácies epidoto-anfibolito a anfibolito, com retrometamorfismo localizado para a fácies xisto-verde.

Nesse contexto, o substrato geológico formado por uma composição mineralógica, com textura e estrutura resistentes aos processos de desagregação dificulta o desenvolvimento de espessos horizontes de solos e favorece a predominância de solos pedregosos com extensos afloramentos de rochas e, por conseguinte, maior suscetibilidade ao processo de degradação/desertificação na área de estudo, visto sua maior predisposição às perdas dos

horizontes superficiais dos solos pouco desenvolvidos frente ao desencadeamento de processos erosivos.

Aspectos geomorfológicos

Do ponto de vista geomorfológico, o relevo do estado de Sergipe é pouco movimentado, constituído por um modelado suave com áreas planas e altitudes modestas que aumentam em direção ao interior do continente, onde são encontradas as serras, os pontos mais altos do estado.

Nesse contexto, o município de Poço Redondo, está inserido na Depressão Sertaneja do São Francisco, com grandes superfícies de Pediplanos e relevos residuais. A área de estudo é composta por Superfície Pediplanada, com relevo dissecado dos tipos colina e tabular com aprofundamento de drenagem variando de muito fraca a fraca (Figura 15).

O Pediplano sertanejo, que é caracterizado pela predominância de modelados de dissecação homogênea, ou seja, pela erosão linear, com áreas restritas de dissecação diferencial marcada pelo controle estrutural (rocha e tectônica) que compõem a unidade geológica (MACEDO, 2011).

De acordo com Nunes (2009), o Pediplano Sertanejo é uma superfície de aplainamento elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão sem, no entanto, perder suas características de aplainamento, cujos processos geram sistemas de planos inclinados e às vezes levemente côncavos.

Inserido em todo o território do Alto Sertão Sergipano, o Pediplano Sertanejo ocorre a retaguarda dos tabuleiros costeiros diferindo das demais unidades geomorfológicas pelo fato de apresentar um relevo com características planas, altitudes modestas e suaves elevações. Na paisagem sobressaem-se algumas elevações residuais tipo Inselbergs e outras representadas pelas serras Melância, Tabanga e Negra, esta última com 750 metros de altitude, localizada na divisa entre os estados da Bahia e Sergipe, considerada a maior elevação do Estado (ARAÚJO et al., 2011).

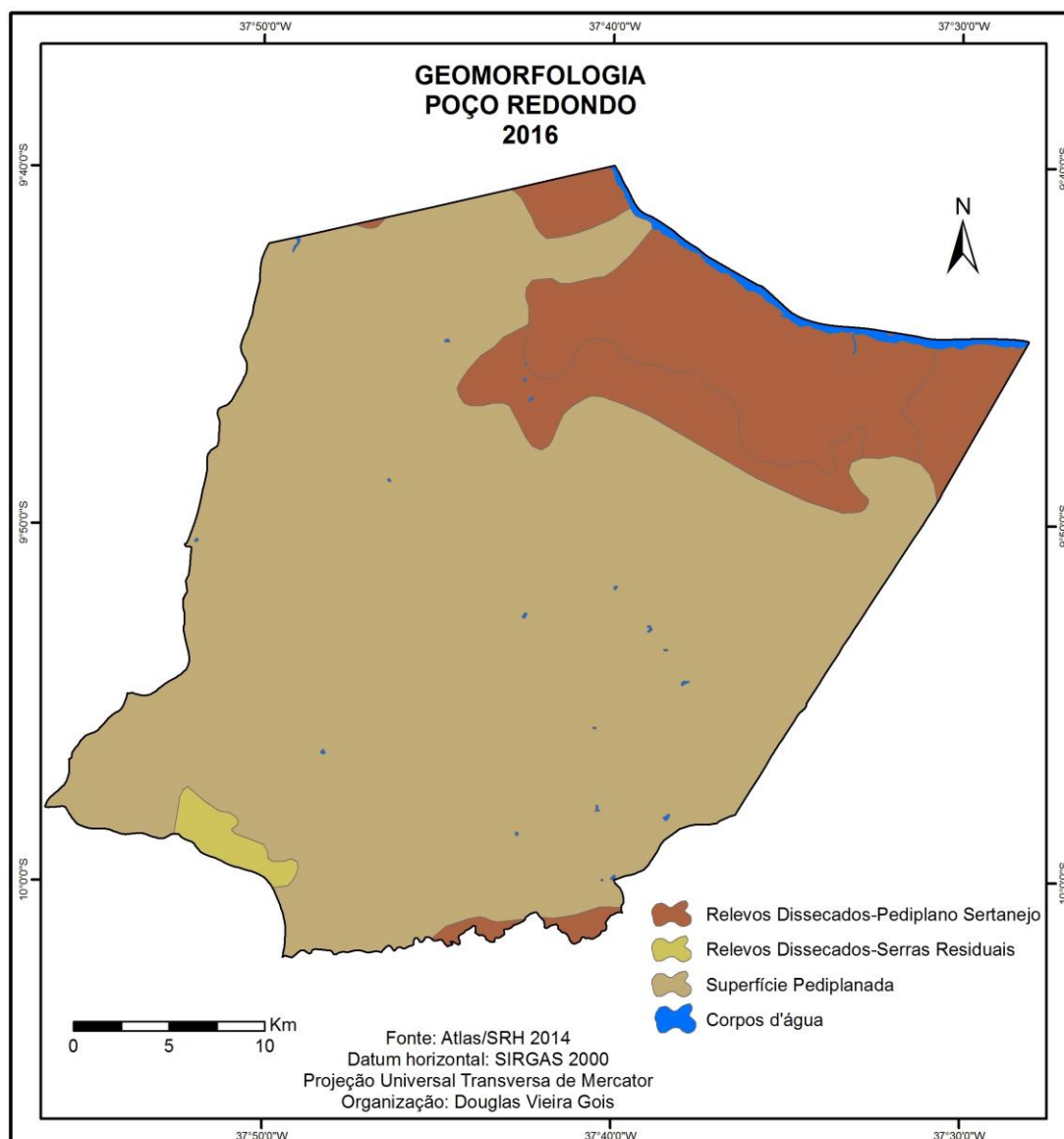


Figura 15- Unidades geomorfológicas no município de Poço Redondo-SE.

A hipsometria da área comprova a baixa altimetria do relevo apresentando em grande parte da área altitude em torno de 200 metros, chegando a atingir 225 metros na sede de Poço Redondo. Nas proximidades da Grotta de Angico, os registros topográficos estão ao redor dos 100 metros, que diminuem de altitude nas proximidades do Rio São Francisco (VILAR, 2010).

De acordo com Araújo et. al. (2011), a unidade geomorfológica do Pediplano apresenta solos rasos, pedregosos e secos, pelo fato de localizar-se na Faixa de Dobramentos sergipanos, constituídos por terrenos antigos com afloramentos da rocha matriz. São bastante utilizados para a pecuária de leite e de cultivos temporários.

Decorrente de uma ação mais efetiva e prolongada os agentes de morfogênese mecânica, o Pediplano Sertanejo apresenta uma morfologia, sobretudo plana (declividade inferior a 3%), que corresponde a subunidade superfície pediplanizada. É caracterizado, ainda, pelas presenças de modelados de dissecação homogênea, com áreas restritas de dissecação diferencial, caracterizados por processos erosivos relacionados, sobretudo, com a dinâmica da rede hidrográfica dominante. Tal unidade geomorfológica também possui subunidades de relevos dissecado em colinas, cristas e interflúvios planos, apresentando encostas com declividade entre 3% e 8%, e 8% e 12%, à vezes separados por vales encaixados em “V”, localmente condicionados por falhas (SERGIPE, 2011).

O relevo predominantemente plano da área de estudo propicia a intensa ocupação e utilização das terras, todavia, à presença de solos com baixa fertilidade e o processo de desmatamento abrem espaço para o desencadeamento dos processo erosivos e conseqüente perda de solos, o que aumenta a extensão das áreas degradadas e suscetíveis ao processo de desertificação.

Aspectos hidrológicos

Os recursos hídricos apresentaram uma importância singular na história da humanidade. Contudo, o crescimento populacional e o conseqüente aumento da pressão sobre os sistemas hídricos têm gerado um cenário de escassez deste recurso natural, que é fonte fundamental para a vida.

Em regiões semiáridas, a irregularidade na distribuição das chuvas e, a conseqüente redução nas vazões nos cursos hídricos apresenta-se como problemática, tanto para o abastecimento humano e animal, como no desenvolvimento das atividades agrícolas no nordeste brasileiro.

A análise das bacias hidrográficas, além de ser de interesse, é um instrumento adequado para estabelecer parâmetros a fim de verificar a degradação, o potencial dos recursos naturais e a apropriação deste espaço pelo homem (ARAÚJO, 2012).

Para Pinto et al. (1976), a bacia hidrográfica é definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático.

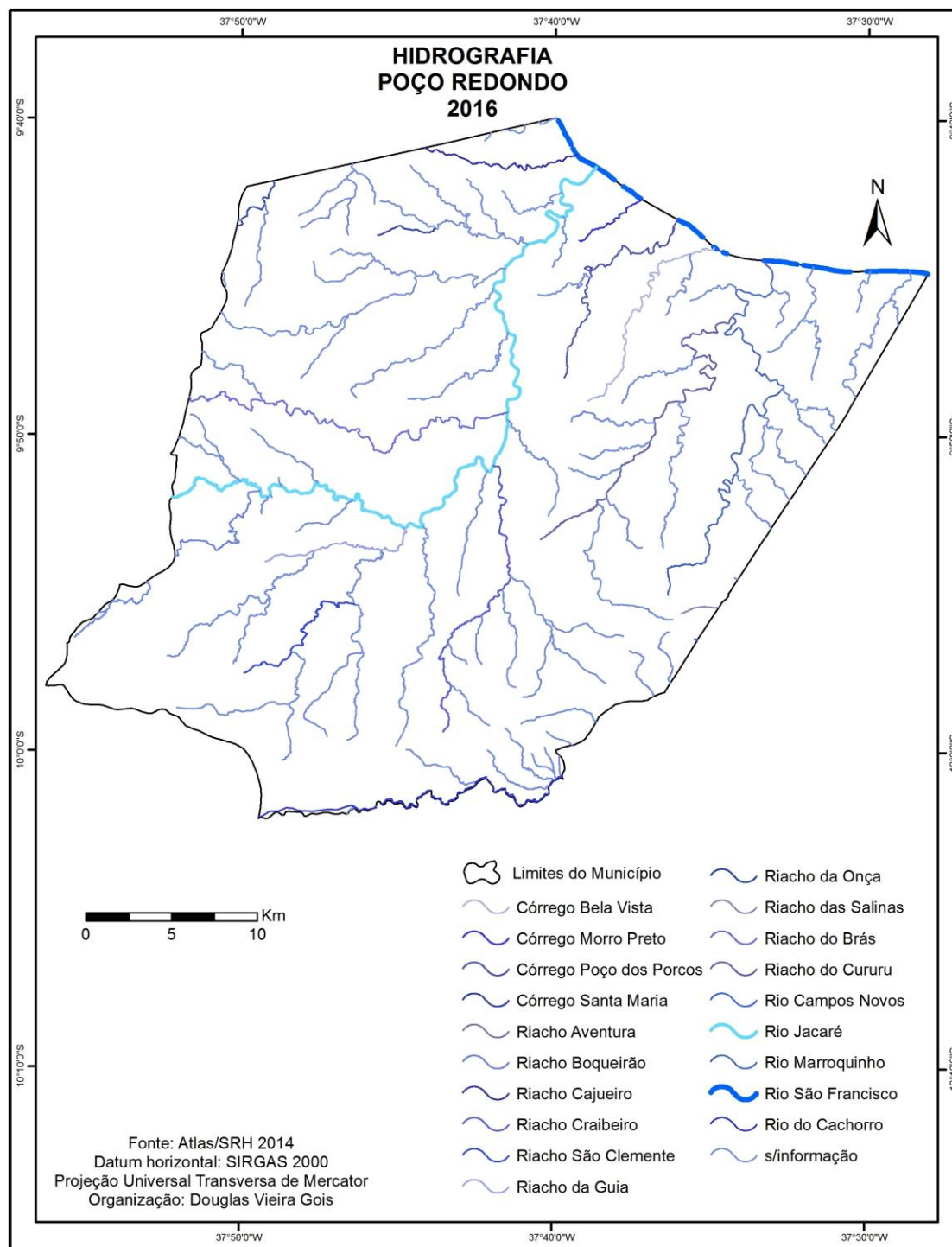


Figura 16- Hidrografia do município de Poço Redondo-SE.

No que se refere aos recursos hídricos, o município de Poço Redondo está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, tendo como principais afluentes o Rio Jacaré e o Rio Marroquinho (Figura 16).

Um dos mais importantes rios brasileiros, e o principal no semiárido sergipano, o rio São Francisco tem uma extensão de aproximadamente 2.700 km, dividindo-se em quatro

trechos: o Alto, o Médio, o Sub-médio e o Baixo São Francisco (BSF). No seu baixo curso, promove a divisa entre os Estados de Bahia e Pernambuco e de Alagoas e Sergipe, percorrendo um total de 274 km, com diminuição de altitude de 220 m em 40 km, para alcançar a baixa planície do litoral, quando flui para o oceano (CODEVASF, 2001).

Segundo Aguiar Netto et al. (2010), a bacia hidrográfica do rio São Francisco é a maior em área em Sergipe, apresentando, na sua margem direita, inúmeros afluentes, muitos intermitentes. Dentre eles destacam-se do Sertão para o Litoral, os rios Curituba, **Jacaré**, Capivara, Gararu, Salgado, Jacaré (Propriá) e Betume.

Conforme o estudo realizado por Aguiar Netto et al. (2011), os principais problemas ambientais no rio São Francisco são a redução da vazão e de sedimentos, enquanto que na área de influência de seus afluentes, em Sergipe, outros impactos ambientais também devem ser evidenciados: I) Enriquecimento nutricional de corpos hídricos que percorrem áreas de plantio, especialmente nitrogênio e fósforo; II) Contaminação de corpos hídricos com agrotóxicos; III) Erosão; IV) Salinização de solos, com ênfase para áreas irrigadas; IV) Desmatamento; V) Deposição inadequada de resíduos sólidos e VI) Lançamento de efluentes domésticos e industriais “in natura”.

O rio Jacaré é um dos principais afluentes do rio São Francisco no Alto Sertão Sergipano. De acordo com Santana et al. (2007) o rio Jacaré tem uma extensão de 73,5 Km, a área da bacia é de 943,98 Km², o perímetro da área é de 142,77 Km, o desnível entre a nascente e a foz é de 270 m, a declividade média da bacia é de 4,8 m/Km, declividade na foz é maior que 20%, o índice de forma é igual a 0,53 e o índice de compacidade é igual a 1,3, sendo uma sub-bacia com tendência a enchentes e inundações.

A hidrografia do rio Jacaré orienta-se no sentido Norte - Nordeste e é formado por vários tributários, dentre eles destacam-se os mais importantes: o Riacho Novo, o Córrego Santa Maria e o Riacho do Brás, este último, o mais importante da margem esquerda. Com relação à margem direita do Rio Jacaré, destacam-se os Riachos do Boqueirão, o Riacho da Guia, o Riacho São Clemente e o Riacho Craibeiro, com características fisiográficas semelhantes (BATISTA 2011).

Estudos realizados por Santana (2006), na sub-bacia hidrográfica do rio Jacaré, em Poço Redondo-SE, os caminhos executados pelas comunidades da região e a falta de manutenção das estradas vicinais e rodovias, de responsabilidade do poder público, afetam a drenagem das águas pluviais e os fluxos de água dos córregos, riachos e rios, através da

inexistência e/ou obstrução dos bueiros, das galerias, das bocas de lobo e pontas de ala, que fazem com que as estradas funcionem como microbarragens, gerando impactos semelhantes às represas e reservatórios. Esses impactos ambientais já conhecidos, como a alteração drástica dos fluxos e cursos d'água na sub-bacia hidrográfica, acentuam o déficit hídrico da região, principalmente nos períodos de seca prolongadas.

No que concerne aos recursos hídricos subsuperficiais do município de Poço Redondo pode-se distinguir dois domínios hidrogeológicos: Cristalino e Metasedimentos/Metavulcanitos, o primeiro ocupando aproximadamente 80% do território municipal. Os Metasedimentos/Metavulcanitos e o Cristalino tem comportamento de “aquífero fissural” (CPRM, 2002).

Na área de estudo, o embasamento geológico cristalino, com solos pouco profundos e de baixa capacidade de infiltração e armazenamento, condiciona a ocorrência de águas subterrâneas nessas regiões está limitada a fraturas e fissuras nas rochas.

Como basicamente, não existe uma porosidade primária nesse tipo de rocha, a ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária, representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da falta de circulação, dos efeitos do clima semi-árido e do tipo de rocha, é, na maior parte das vezes, salinizada. Essas condições, definem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento nos casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica, em períodos prolongados de estiagem (CPRM, 2002).

No município de Poço Redondo, a irregularidade têmporo-espacial e a concentração de precipitação em curto período de tempo ocasiona a acelerada erosão dos solos que associada ao desmatamento ao longo dos corpos hídricos resulta no assoreamento dos mesmos, gerando assim uma grande perda da capacidade de armazenamento d'água, prática que é essencial no domínio semiárido. Tal condição conduz a níveis de pressão maiores sobre tal recurso natural, podendo gerar processos de degradação ambiental, como a desertificação, dificultando sobremaneira o desenvolvimento das atividades produtivas.

2.2. Procedimentos metodológicos

2.2.1 Método de abordagem

De acordo com Gil (1991) o método científico, constitui-se de um conjunto de processos mediante os quais se torna possível chegar ao conhecimento de algo, sendo que estes empregados em uma série de conjuntos e processos que deverão aplicar na investigação a demonstração da verdade científica.

Santos (1996, p.62-63) assevera que “a questão do método é fundamental porque se trata da construção de um sistema intelectual que permita, analiticamente, abordar uma realidade, a partir de um ponto de vista”.

Desse modo, o método servirá para direcionar a pesquisa no sentido da identificação dos caminhos a serem seguidos para alcançar os objetivos propostos. Portanto, tendo em vista o método ancorado na abordagem sistêmica, a proposição teórico-metodológica da geoecologia da paisagem fundamentou o desenvolvimento da presente pesquisa.

Portanto, haja vista os objetivos propostos nesse trabalho, o método norteador da presente pesquisa foi o hipotético-dedutivo, apoiado na abordagem sistêmica da geoecologia das paisagens.

Segundo Marconi e Lakatos (2010), o método hipotético-dedutivo consiste em se perceber problemas, lacunas ou contradições no conhecimento prévio ou em teorias existentes. A partir desses problemas, lacunas ou contradições, são formuladas conjecturas, soluções ou hipóteses; essas, por sua vez, são testadas.

Para Rodriguez (1994), a análise sistêmica se baseia no conceito de paisagem com um “todo sistêmico” em que se combinam a natureza, a economia, a sociedade e a cultura, em um amplo contexto de inúmeras variáveis que buscam representar a relação da natureza como um sistema e dela com o homem. Portanto, os sistemas formadores da paisagem são complexos e exigem uma multiplicidade de classificações que podem, segundo o autor, enquadrar-se perfeitamente em três princípios básicos de análise: o genético, o estrutural sistêmico e o histórico, que se fundem numa classificação complexa. A compreensão teórica do método e do embasamento teórico-metodológico fora discutida de modo mais amplo na seção do referencial teórico (Capítulo I).

2.2.2 Procedimentos operacionais

A operacionalização da pesquisa encontra-se atrelada à técnica. Por esse motivo, os procedimentos técnico-operacionais referem-se às atividades que foram desenvolvidas durante a pesquisa, servindo de subsídios para alcançar os objetivos propostos e apoiar aplicação do método.

Optou-se por organizar as etapas da pesquisa de acordo com método de Libault (1971), que define os quatro níveis da pesquisa geográfica, a saber: o nível compilatório; o nível correlatório; o nível semântico; o nível normativo. Esses níveis preconizam uma ordem lógica de encaminhamento e desenvolvimento das etapas de trabalho. Para o autor, a sistematização e a organização das etapas de trabalho em níveis distintos, proporcionam melhor compreensão e adequação dessas atividades ao longo da pesquisa.

O nível compilatório, segundo Libault (1971), prevê a coleta dos dados e posterior compilação dos mesmos. Nesse nível foram coletados, analisados e selecionados os dados a serem utilizados no trabalho. Esses dados foram extraídos da consulta à bibliografia textual e cartográfica já existente e de informações elencadas em campo.

De acordo com Oliveira; Gidel (2012), os trabalhos de interpretação de documentos cartográficos e de imagem de satélite recaem sobre as atividades de levantamento de informações primárias e são, portanto, acoplados a este nível. Como o levantamento bibliográfico e a aquisição das informações, em geral, acompanham todas as etapas da pesquisa, o nível compilatório se interpôs aos outros três níveis.

O nível correlatório: correlação da informação, Libault (1971) caracteriza as atividades de correlação dos dados levantados com a realidade do trabalho em seus diferentes momentos. Segundo Oliveira; Gidel (2012), nesta etapa estão relacionadas à análise dos dados; à interpretação das imagens de sensores orbitais e das cartas topográficas por setores temáticos; ao agrupamento das informações coletadas em campo. Procedeu-se a um ordenamento cronológico dos dados adquiridos e à uma separação por áreas do conhecimento.

O Nível Semântico: reorganização da informação, de acordo com Libault (1971), relaciona-se à possibilidade de se aproveitar ou não, as informações levantadas nos dois momentos anteriores. Essa etapa de trabalho relaciona-se a elaboração de documentos cartográficos pautados nas informações fisiográficas da área, extraídas de inferências efetuadas ante a análise e interpretação de imagem de satélite e cartas topográficas.

O Nível Normativo: distribuição dos resultados, segundo Libault (1971), esta etapa consiste em traduzir os resultados em normas aproveitáveis. De acordo com Archela (2002), no nível normativo se formula um modelo resultante da seleção e correlação das variáveis estudadas. Finalmente, o modelo elaborado pode ser aplicado a outros lugares ou ser considerado como base para a reformulação de hipóteses.

Conforme salientado, a proposta metodológica do presente estudo fundamentou-se na abordagem sistêmica em Geografia para realizar à análise de suscetibilidade ao processo de desertificação e dos seus fatores desencadeantes na área em estudo, utilizando indicadores de degradação aliados ao uso das geotecnologias, para uma melhor compreensão do fenômeno. Portanto, a Figura 17 apresenta a estrutura do esquema dos procedimentos metodológicos aplicados para o desenvolvimento dessa pesquisa.

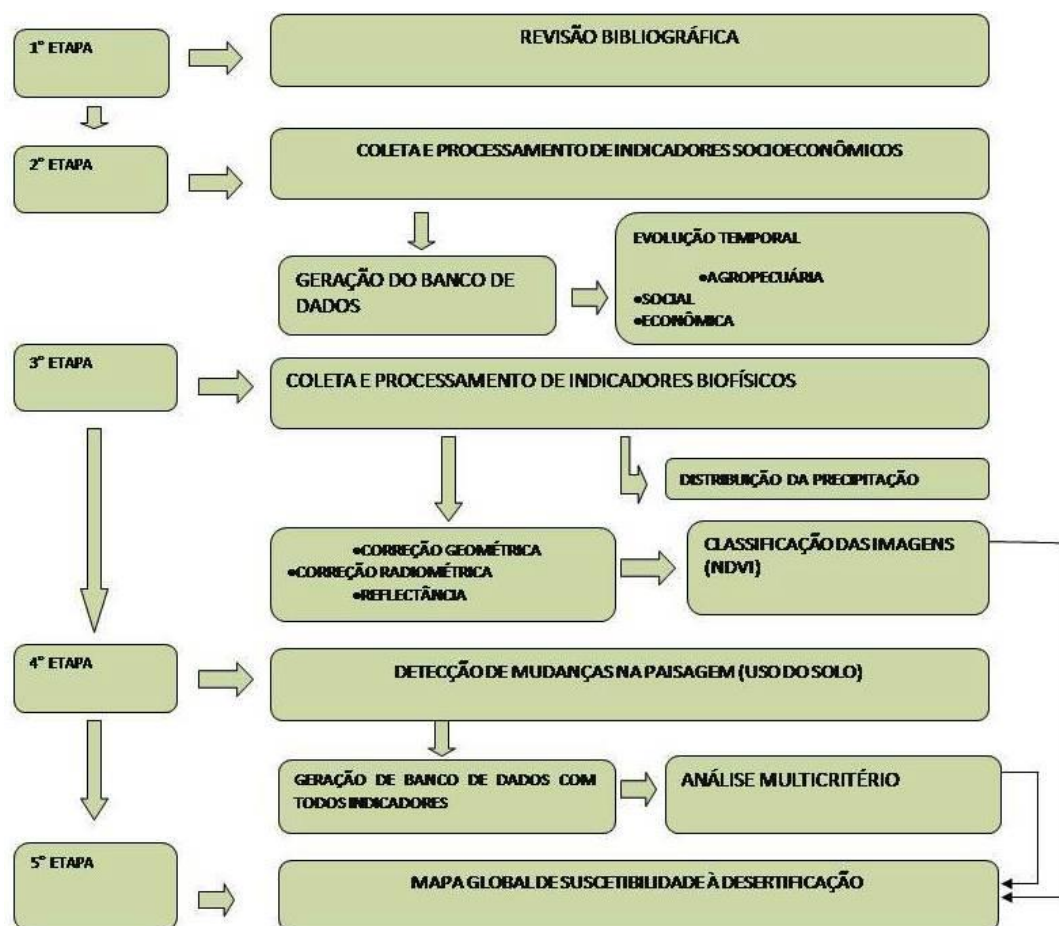


Figura 17- Fluxograma representativo dos procedimentos metodológicos.

Inicialmente foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica, a fim de propiciar uma fundamentação teórica para dar sustentação aos dados da pesquisa. Nesse sentido, foram realizadas leituras, fichamentos e análise de livros, teses, dissertações, monografias e artigos sobre temas concernentes ao escopo da pesquisa.

Em um segundo momento, foram realizadas pesquisas em bases de dados de órgãos de pesquisa e planejamento como: Companhia de desenvolvimento de recursos hídricos e irrigação de Sergipe (COHIDRO), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Secretária Estadual de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMAR), Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia (SEPLANTEC), Secretaria da Agricultura e do Desenvolvimento Agrário (SEAGRI), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Nacional de Meteorologia, dentre outros que se fizeram necessários para a realização da pesquisa.

Após as coletas e análises dos dados, foram confeccionados materiais gráficos (gráficos, mapas, figuras), para melhor representar a dinâmica da degradação ambiental na área de estudo e a consequente suscetibilidade ao processo de desertificação.

Os procedimentos metodológicos foram adaptados a partir do trabalho de Lima (2014), que realizou uma análise do processo de desertificação a partir de indicadores ambientais e socioeconômicos, com o apoio das geotecnologias. A seguir são descritos os procedimentos necessários para a realização da análise.

Aquisição e processamento dos Indicadores Socioeconômicos

De acordo com Lima (2014), para análise do processo de desertificação é imprescindível considerar, além de aspectos ambientais, os socioeconômicos, uma vez que esse tipo de degradação é eminentemente humano e não apenas natural. Além disso, a análise deve ser multitemporal, já que não é possível identificá-lo em uma observação pontual no tempo.

Nesse sentido, utilizou-se de indicadores socioeconômicos objetivando relacioná-los ao desenvolvimento dos processos degradantes que estejam associados à desertificação. A metodologia adotada foi adaptada a partir de Lima (2014), levando em consideração a disponibilidade de dados para a área de estudo.

Assim, para o presente estudo foram considerados os indicadores agropecuários, sociais e econômicos, coletados a partir do Censo Agropecuário de 1985 e 2006 – indicadores agropecuários – e a partir do Censo Demográfico também de três décadas, 1990, 2000 e 2010 – indicadores sociais e econômicos. As fontes dos dados foram IBGE (SIDRA-Sistema IBGE de Recuperação Automática) e o Observatório de Sergipe.

Indicadores agropecuários

- Número e área dos estabelecimentos agropecuários: considera-se como estabelecimento agropecuário todo terreno de área contínua, independentemente do tamanho ou situação (urbana ou rural), formado de uma ou mais parcelas, subordinado a um único produtor, onde se processa uma exploração agropecuária, ou seja: o cultivo do solo com culturas permanentes e temporárias (CENSO, 2006);
- Pessoal ocupado na agropecuária: o pessoal ocupado abrange todas as pessoas, com ou sem remuneração, que se encontravam executando serviços ligados às atividades do estabelecimento, exceto os que desempenhavam trabalhos por conta de empreiteiros (CENSO, 2006);
- Área colhida dos principais cultivos da lavoura temporária: considerado apenas feijão e milho como tal, por serem mais expressivos no município;
- Produção animal: foi considerada apenas a produção de leite;
- Carga animal: calculada a partir da soma do efetivo de bovinos, caprinos e muares, dividido pela área do município;
- Extração de carvão vegetal: a investigação sobre a extração vegetal referiu-se aos produtos obtidos de espécies vegetais não plantadas (nativas);
- Pasto nativo: constituído pelas áreas destinadas ao pastoreio do gado, sem terem sido formadas mediante o plantio, ainda que tenham recebido algum trato;
- Pasto plantado: abrange áreas destinadas ao pastoreio e formadas mediante plantio;
- Valor da produção: considerado o valor da produção da agropecuária.

Indicadores sociais

- População total dos municípios;
- Densidade demográfica;
- Percentual da população rural;
- Percentual de analfabetos: Taxa de analfabetismo de indivíduos com 15 anos ou mais e IDH.

Indicadores econômicos

- População Economicamente Ativa: representa a população economicamente ativa, as pessoas que durante todos os 12 meses anteriores à data do Censo ou parte deles, exerceram trabalho remunerado (CENSO,2010);
- Renda per capita: razão entre o somatório da renda familiar per capita de todos os domicílios e o número total de domicílios no município. A renda familiar per capita de cada domicílio é definida como a razão entre a soma da renda mensal de todos os indivíduos da família residentes no domicílio e o número dos mesmos (CENSO, 2010).

A análise de cada indicador foi realizada na perspectiva de que o processo de desertificação está relacionado com a forma e intensidade de uso dos recursos naturais, refletindo uma relação de causa e efeito com as atividades econômicas desenvolvidas em uma determinada área e sua situação socioeconômica (LIMA, 2014).

Para os indicadores agropecuários foram consideradas as condições de aumento da intensidade do uso do solo, diminuição da intensidade do uso, pois estes, quando não desenvolvidos de modo adequado, estão mais diretamente ligados ao processo de degradação física das terras.

Conforme Lima (2014), a situação de baixo nível foi considerada quando ocorreu uma melhoria das condições sociais e econômicas e não houve uma piora em, no mínimo uma década, para algum indicador. A situação de médio nível foi considerada quando ocorreu a piora em, no mínimo uma década, e no mínimo em um dos indicadores. A situação de alto nível foi considerada quando houve a piora em duas décadas, no mínimo em um dos indicadores.

Geração e processamento dos Indicadores geoambientais

Os indicadores físico-ambientais foram trabalhados tendo em vista a caracterização do meio físico da área em estudo. Foram considerados: índice de vegetação (NDVI), a distribuição e intensidade da precipitação, a análise do uso do solo, os tipos dos solos, além da topografia e declividade do terreno.

Nas últimas décadas, os danos ambientais resultantes do aumento das atividades humanas, aliadas aos avanços tecnológicos levaram pesquisadores de todo o mundo a desenvolver técnicas de monitoramento dos recursos naturais, entre as quais o sensoriamento remoto assume destaque.

Latorre et. al. (2002) definem sensoriamento remoto como um conjunto de atividades que tem por pressuposto a caracterização das propriedades dos objetos através da detecção, registro e análise do fluxo radiante emitido ou refletido por eles. A essência dessa atividade fundamenta-se na identificação e na discriminação de alvos, onde a radiação recebida pelo sensor é utilizada como base para se inferir as características dos mesmos.

A utilização de imagens de satélites é uma importante ferramenta para o estudo da cobertura terrestre e na observação de suas mudanças ao longo do tempo. Tais imagens fornecem informações sobre a cobertura vegetal, possibilitando estudos de precisão sobre a dinâmica de áreas florestadas.

Objetos da superfície terrestre, como a vegetação, a água e o solo refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento de onda, de acordo com suas características biofísicas e químicas. Graças às variações de energia refletida, é possível distinguir os objetos da superfície terrestre nas imagens de sensores remotos (FLORENZANO, 2011).

Na região da luz visível, a vegetação (verde e sadia) reflete mais energia na faixa correspondente ao verde. Entretanto, é na região do infravermelho próximo que a vegetação reflete mais energia e se diferencia dos demais objetos (FLORENZANO, 2011).

De acordo com Ponzoni (2001), a aparência da cobertura vegetal em determinado produto de Sensoriamento Remoto é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais.

Os índices de vegetação ressaltam diferenças existentes entre o solo e a vegetação, além de sintetizar informações de duas bandas espectrais em apenas uma imagem (LATORRE et al., 2002).

A vegetação fotossinteticamente ativa pode ser decomposta em três regiões espectrais, em função dos fatores que condicionam seu comportamento: a) até $0,7\mu\text{m}$, a reflectância é baixa ($<20\%$), dominando nessa faixa a absorção da radiação incidente pelos pigmentos da planta em $0,48\mu\text{m}$ (carotenoides) e em $0,62\mu\text{m}$ (clorofila) (NOVO, 2012).

Em $0,56\mu\text{m}$, há um pequeno aumento da reflectância, não atingindo, porém, níveis superiores a 20% . É a reflectância responsável pela percepção da cor verde da vegetação ($30\% < p < 40\%$), devido a interferência da estrutura celular (estrutura do mesófilo); c) entre $1,3\mu\text{m}$ e $2,5\mu\text{m}$, a reflectância da vegetação é dominada pelo conteúdo de água nas folhas. Nessa região encontram-se dois máximos de absorção pela água; em $1,4\mu\text{m}$ e $1,95\mu\text{m}$, a esta banda corresponde também as bandas de absorção atmosférica, por isso os sensores desenvolvidos tem suas faixas espectrais deslocadas pra regiões menos sujeitas à atenuação atmosférica (NOVO, 2012).

Entretanto, o comportamento espectral da vegetação, se modifica ao longo do seu ciclo vegetativo. O impacto das alterações fenológicas e morfológicas sofridas pelas plantas que formam o dossel sobre o comportamento sobre o comportamento espectral varia: 1) com a região do espectro; 2) com o tipo de cultura; 3) com o ângulo de visada (NOVO, 2012).

O comportamento espectral da vegetação pode também ser afetado pela arquitetura do dossel e pelo tipo de substrato. Esses efeitos foram estudados por Antunes (1992) para a cultura de soja, a partir de uso de modelo de simulação do Fator de Reflectância Bidirecional (FRB). Não obstante, os resultados indicam que o comportamento espectral da vegetação é sensível à reflectância do solo (NOVO, 2012).

A maioria das espécies vegetais encontradas em florestas, área sumidas, pastagens, etc., possuem ciclos fenológicos do crescimento relativamente específicos. Cada uma destas espécies têm seus períodos específicos de brotação, de máxima folhagem verde, maturidade e senescência, períodos estes que, em função da espécie, geralmente ocorrem sempre à mesma época do ano. Entretanto, temperaturas muito baixas ou muito altas podem, as vezes, ocorrer de forma não-sazonal, podendo então modificar os ciclos fenológicos em mais de trinta dias (JENSEN, 2011).

Nesse sentido, o analista deve estar atento se os seus dados de sensoriamento remoto foram coletados num ano típico ou atípico. Se esse analista está tentando classificar vegetação a partir de dados de sensoriamento remoto, pode ser muito útil coletar dados do início da estação de crescimento, momento em que as vegetações estão se desenvolvendo em diferentes taxas, aumentando assim as possibilidades de encontrar diferentes porcentagens de fechamento dos dosséis, e portanto, realçando as diferenças em suas assinaturas espectrais (JENSEN, 2011).

Desde a década de 1960, cientistas vêm extraíndo e modelando vários parâmetros biofísicos da vegetação com o uso de dados de sensoriamento remoto. Grande parte desse esforço tem envolvido o uso de *índices de vegetação*- que são medidas radiométricas adimensionais, as quais indicam a abundância relativa e atividade da vegetação verde, incluindo Índice de área foliar (IAF), porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde, e radiação fotossinteticamente ativa absorvida (RFAA, ou APAR em inglês) (JENSEN, 2011).

Idealmente, um índice de vegetação deve (JENSEN, 2010, p.384-385):

- maximizar a sensibilidade a parâmetros biofísicos das plantas, preferencialmente de uma forma linear, para que esta sensibilidade seja fidedigna para uma grande amplitude de condições da vegetação e para facilitar a validação e calibração do índice;
- normalizar ou modelar efeitos externos, tais como ângulo solar, o ângulo de visada e as interferências atmosféricas, de modo a permitir comparações espaciais e temporais;
- normalizar efeitos internos, tais como variações no substrato abaixo do dossel, incluindo topografia (declividade e aspecto), solos, diferença quanto a vegetação senescente ou presença de ramos lenhosos (componentes não fotossintéticas);
- ser aplicável a algum parâmetro biofísico mensurável, tais como a biomassa, o IAF ou APAR, para fins de validação e de qualidade.

A utilização de índices de vegetação como o Índice de Diferença Normalizada da Vegetação (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) e Índice de Área Foliar (IAF) facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa e porcentagem de cobertura do solo, com destaque para a região do espectro eletromagnético do infravermelho, que pode fornecer importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas (EPIPHANIO et al., 1996).

Rouse et al. (1974), desenvolveram o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IDVN ou NDVI):

$$NDVI = \frac{P_{nir} - P_{red}}{P_{nir} + P_{red}}$$

O Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um modelo resultante da combinação dos níveis de reflectância em imagens de satélites, que provem da equação composta pelas respostas das bandas espectrais do vermelho e infravermelho.

No estado de Sergipe, coube a Pacheco et. al. (2006), avaliar o risco à desertificação numa área geográfica denominada de região de Xingó, utilizando séries temporais de imagens de satélite (1989 a 2003). Os autores utilizaram como indicadores de desertificação a cobertura vegetal, o solo exposto e ainda a densidade populacional. Concluíram que houve aumento de 91,3% de solo exposto, diminuição de 68,7% da caatinga arbustiva e aumento de 70% das áreas urbanas ou antropizadas.

Ademais, Rêgo et. al. (2012) destacam que tanto o NDVI quanto o SAVI, indicadores do estado vegetativo de áreas em processo de desertificação, apresentam resultados aproximados da realidade e podem contribuir em diagnósticos ambientais no semiárido.

Assim, tendo em vista a contribuição da cobertura vegetal para a proteção dos solos frente aos processos de desertificação, diversos índices de vegetação estão sendo utilizados para estimar a quantidade de biomassa em áreas suscetíveis a desertificação no semiárido brasileiro. No presente estudo, optou-se pelo NDVI, por conta da boa estimativa para a vegetação da caatinga, tendo em vista suas peculiaridades, sobretudo no que diz respeito à sazonalidade dos índices.

Nesse sentido, para realizar a atividade de sensoriamento remoto e geoprocessamento é necessária a realização de alguns processos, como correção de georreferenciamento (correção geométrica), TDI (tratamento digital de imagens), correção radiométrica, para que os dados possam melhor representar o fenômeno estudado, visto que o processo de aquisição de imagens digitais apresenta pequenas inconsistências inerentes ao processo interativo da radiação eletromagnética com os objetos imageados.

Processamento Digital de Imagem

As imagens multiespectrais utilizadas foram do satélite Landsat 5 TM (Thematic Mapper), bandas 1 (0,45 – 0,52 μm), 2 (0,53 – 0,61 μm), 3 (0,63 – 0,69 μm), 4 (0,76 – 0,90

μm), 5 (1,55 – 1,75 μm) e 7 (2,08 – 2,35 μm), e Landsat 8 (sensor OLI), bandas 1 (0.43 - 0.45 μm), 2 (0.450 - 0.51 μm), 3 (0.53 - 0.59 μm), 4 (0.64 - 0.67 μm), 5 (0.85 - 0.88 μm), 6 (1.57 - 1.65 μm), 7 (2.11 - 2.29 μm), ambos satélites com resolução espacial de 30 metros para as referidas bandas do espectro eletromagnético, datadas de 01/11/1987 e 14/11/2015, todas da órbita/ponto 215/67.

Para produção do mapa da tipologia da cobertura vegetal, foi feita interpretação das imagens de satélite, classificação supervisionada, e validação das classes *in loco* com GPS, com o objetivo de corrigir os possíveis erros de identificação dos alvos existentes, o que foi de significativa importância para geração dos produtos finais.

O processamento das imagens foi realizado no software SPRING versão 5.3, onde foram executados: correção geométrica, correção radiométrica, e a classificação supervisionada. A manipulação das imagens geradas na classificação e dos dados vetoriais utilizados como base cartográfica, assim como os procedimentos de edição, sobreposição, álgebra e confecção dos mapas temáticos foram realizados no software ArcGIS 10.1 Desktop.

Correção geométrica

Conforme D'Alge (2001), a primeira razão para a realização de uma correção geométrica é a existência de distorções sistemáticas introduzidas durante a aquisição das imagens. Portanto, a correção geométrica trata, prioritariamente, da remoção dos erros sistemáticos presentes nas imagens. Outro aspecto importante são os estudos multi-temporais tão comuns na área de Sensoriamento Remoto. Eles requerem que uma imagem seja registrada com a outra para que se possa interpretar a resposta de ambas em uma certa posição no espaço.

Alguns fatores afetam a geometria da imagem, entre eles está a rotação da Terra (skew), ou seja, o movimento relativo entre a Terra e o satélite (D'ALGE, 2001b). Outro efeito importante são as chamadas distorções panorâmicas, que afetam, principalmente, os sensores que trabalham com um campo de visada amplo. A curvatura da Terra também gera um efeito análogo ao anterior. Na verdade, ela acentua o efeito da distorção panorâmica, fazendo com que haja uma compressão de dados maiores nas bordas da imagem. Outro efeito que se origina por questões de movimento relativo é o chamado arrastamento da imagem durante uma varredura.

Somam-se a esses efeitos, aqueles oriundos de variações de efemérides do satélite (posição e velocidade) e a de atitude da plataforma como: Row - que afeta a varredura no sentido longitudinal; Pitch - que provoca distorções transversais no processo de varredura; Yaw- que provoca distorções semelhantes a um leque na disposição das linhas na imagem.

Em Sensoriamento Remoto, muitas vezes a análise comparativa de imagens multi-temporais ou a combinação entre imagens de diferentes sensores sobre uma mesma área, ou ainda a justaposição, se fazem necessárias. Nestes casos, é preciso assegurar que os pixels das imagens a serem trabalhadas sejam referentes às mesmas áreas no terreno. Mesmo considerando um único sensor, a bordo de um mesmo satélite, dificilmente essa coincidência nos pixels ocorrerá, devido as distorções não sistemáticas causadas pelos movimentos do satélite. Portanto, antes de se combinar/comparar duas imagens de uma mesma área, é necessário que ambas estejam perfeitamente registradas entre si.

A retificação ou correção geométrica da imagem é o processo que permite que a imagem assuma propriedades cartográficas de um sistema de projeção e suas respectivas coordenadas. É uma transformação entre coordenadas dos pixels (linhas, colunas) para um sistema geográfico (E, N) ou (ϕ, λ) . Esta transformação é também denominada georeferenciamento da imagem.

O modo de registro utilizado neste trabalho foi o automático, com base na Imagem Global Land Cover (2010) datada de 12/11/2000. O sistema de referência utilizado foi o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e o sistema de coordenadas foi o UTM (Universal Transversa de Mercator). Em seguida fez-se o recorte da área de estudo a partir do arquivo em formato shapefile fornecido pela SRH (2014) do município estudado.

Calibração radiométrica

A calibração radiométrica de imagens de satélite é feita com a intenção de minimizar os efeitos atmosféricos na radiância de uma cena, visto que a atmosfera, por causa dos fenômenos de espalhamento, absorção e refração da energia eletromagnética, afeta a radiância refletida pela superfície que é captada pelo sensor. Dependendo da aplicação, nem sempre é necessário fazer a calibração radiométrica, mas para estudos de monitoramento da superfície terrestre ao longo do tempo, esse pré-processamento é imprescindível para deixar os dados multitemporais na mesma escala radiométrica (Song et al., 2001). A calibração radiométrica também é necessária para o cálculo de índices de vegetação computados a partir de duas ou

mais bandas espectrais, visto que as bandas são afetadas diferentemente pelo espalhamento atmosférico (MATHER, 1999).

Para Chander et. al. (2009a), a calibração é um pré-requisito para a obtenção de dados de alta qualidade. A efetivação da calibração radiométrica é o cômputo da radiância espectral de cada banda, em que o número digital (ND) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral. Essas radiâncias representam a energia solar refletida em cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda.

Cálculo da reflectância

Os valores digitais brutos (números digitais) das imagens Landsat TM são comumente utilizados para classificar estatisticamente tipos de cobertura, criar mosaicos digitais de várias imagens e detectar mudanças em imagens sucessivas de uma mesma área. Os ND são usados apenas por conveniência no processamento dos dados, pois eles não representam quantitativamente valores físicos reais (reflectância, radiância) (PEREIRA et. al. 1996a).

Os valores físicos comumente derivados dos números digitais são: a radiância, já tratada no item anterior e a reflectância. A reflectância é que possibilita um melhor monitoramento do comportamento de uma determinada cobertura, uma vez que mudanças na sua resposta espectral estariam relacionadas somente às mudanças nas propriedades estruturais/espectrais da cobertura e não às mudanças no ângulo de iluminação solar ou variações dos sensores (PEREIRA et.al. 1996).

De acordo com Moreira (2000), empregam-se mais comumente valores de reflectância, devido às dificuldades em interpretar e obter os resultados das medidas calibradas com valores de voltagem de saída, número digital e radiância. A reflectância é o passo inicial para a determinação de índices de vegetação, a exemplo do NDVI, SAVI e SARVI.

A partir da reflectância também pode ser determinado o albedo de superfície. O conhecimento do albedo é necessário para a determinação do saldo de radiação, que por sua vez exerce um papel fundamental nos processos de troca de calor e massa na baixa troposfera, uma vez que se constitui no principal responsável pelo aquecimento do solo, do ar e, principalmente, pela evapotranspiração da vegetação nativa e das culturas. Assim, o albedo torna-se muito importante em estudos de mudanças climáticas, desertificação, queimadas e meio ambiente em geral (SILVA et.al. 2005).

Classificação da Tipologia Vegetal

Segundo Altmann et al. (2009), o mapeamento do uso e cobertura das terras, retrata as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais. As classes de uso e cobertura são identificadas, espacializadas, caracterizadas e quantificadas. A vegetação é um elemento sensível às condições e tendências da paisagem, reagindo de forma distinta e rápida às variações. Seu estudo permite conhecer as condições naturais do território e as influências humanas recebidas.

O acompanhamento da vegetação em diferentes épocas indica a mudança, sua direção e a velocidade ao longo do tempo, permitindo construir cenários atuais e até reconstruir cenários passados. Trata-se de uma forma de encontrar soluções relativas à conservação de ecossistemas naturais ou à recuperação da cobertura vegetal (SANTOS, 2004).

A classificação de imagens de satélite é o processo de atribuir aos pixels uma determinada classe temática. Usualmente, cada pixel é tratado como uma unidade individual, composta por valores em várias bandas espectrais e pela comparação de um pixel a outros pixels de identidade conhecida. É possível agrupar aqueles cujas reflectâncias espectrais são semelhantes em classes mais ou menos homogêneas. Estas classes formam regiões sobre um mapa ou uma imagem, de forma que, após a classificação, a imagem digital é apresentada como um mosaico de parcelas uniformes, em que cada uma é identificada por uma cor ou símbolo, sendo a imagem classificada definida a partir da análise da imagem numérica, de forma que aqueles que têm valores espectrais semelhantes são agrupados em classes espectrais similares (SANTOS; PELUZIO; SAITO, 2010).

Para uma melhor classificação das imagens de satélite, recomenda-se a elaboração de chaves de interpretação. De acordo com Florenzano (2011), uma chave de interpretação de imagens deve ser baseada nos seguintes quesitos:

- ✓ **Tonalidade** - Usada para interpretar imagem em tons de cinza, quanto mais luz o objeto reflete mais claro ele é representado;
- ✓ **Cor** - As distintas respostas espectrais dos alvos facilitam suas identificações;
- ✓ **Textura** - Lisa ou rugosa, possibilitando discernir formações distintas, mas com uma resposta espectral semelhante; no caso do relevo quando a textura é lisa significa que ele é plano;

- ✓ **Tamanho** - A escala do objeto permite uma fácil distinção entre objetos (casa de galpão, estrada de aeroporto...);
- ✓ **Forma** - Regulares e irregulares, suas configurações geométricas dinamizam a identificação, e direcionam para certas interpretações geoespaciais (crescimento urbano planejado, área de atividade agrária...);
- ✓ **Sombra** - A partir dela outros elementos como forma e tamanho podem ser inferidos;
- ✓ **Padrão** - Ajuda a identificar objetos devido ao arruamento espacial;
- ✓ **Localização** - Situa os objetos em pontos específicos da paisagem.

Existem dois tipos de classificação de imagem: supervisionada e não supervisionada. Na classificação não supervisionada o operador não determina as amostras para as classes temáticas que serão representadas no processo de classificação, apenas a quantidade de classes. A classificação supervisionada pode ser definida como o processo de usar amostras de identidades conhecidas pelo operador.

O tipo de classificação que apresentou melhores resultados neste trabalho foi supervisionada. A classificação supervisionada, onde o usuário identifica alguns dos pixels pertencentes às classes desejadas e o software executa a tarefa de localizar os demais pixels pertencentes àquelas classes, baseado em alguma regra estatística pré-estabelecida, a depender do algoritmo utilizado.

Na classificação supervisionada, uma área da imagem que o usuário identifica como representando uma das classes é chamada de amostra de treinamento. Várias amostras podem ser definidas para uma mesma classe, para assegurar que os pixels a ela pertencentes são representativos dessa classe.

Entretanto, como complemento, é necessário que o analista identifique esses agrupamentos, através de conhecimento prévio da região e trabalhos de campo, o que possibilitou a identificação de seis classes em cada imagem: Corpos D'água, Solo Exposto e pastagem, Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva, Agricultura Irrigada e Brejos e Área Urbana.

Deteção de mudanças na paisagem

Com o objetivo de detectar as mudanças ocorridas na paisagem entre os anos de 1987 e 2015, as classes referentes à tipologia da vegetação e ao solo exposto do NDVI foram analisadas separadamente, observando como ocorreu a evolução de cada classe no intervalo de tempo analisado, considerando as condições de preservação, recuperação e degradação, conforme observada as alterações de cada tipologia da vegetação e do solo exposto.

Conforme Lima (2014), a situação de não alteração foi considerada, ora como preservação, ora como permanência do estado degradativo da vegetação, e a situação de alteração, ora como recuperação da vegetação, ora também como permanência do estado degradativo da vegetação. Esta observação foi realizada através da comparação das imagens classificadas de 1987 e 2015, sob o ponto de vista do processo de sucessão ecológica da caatinga.

Para a tipologia arbórea arbustiva fechada, foram consideradas as situações de preservação, recuperação e degradação. Como critério, foi estabelecido que a situação de preservação fosse considerada quando não houvesse mudança na tipologia arbórea arbustiva fechada para qualquer outra tipologia vegetal. Quando ocorreu a mudança da vegetação de qualquer outra tipologia para arbórea arbustiva fechada, considerada como a mais preservada, foi considerada como recuperação. A situação inversa foi considerada como degradação, ou seja, a mudança da tipologia arbórea arbustiva fechada para qualquer outra.

Na caatinga arbórea arbustiva aberta, assim como na caatinga arbórea arbustiva fechada, a não alteração foi considerada como preservação. A condição de alteração foi considerada como recuperação da vegetação quando observada a mudança da tipologia arbustiva aberta ou fechada para tipologia arbórea arbustiva aberta, o que indica um processo de recuperação. A degradação foi considerada quando ocorreu a mudança da tipologia arbórea arbustiva aberta para as tipologias arbustiva aberta e fechada e para a classe solo exposto.

Quanto à caatinga arbustiva fechada, foram consideradas áreas sem alteração como permanência de um processo de sucessão ecológica que ainda não atingiu a tipologia arbórea arbustiva, mas também não ocorreu mudança de tipologia que pudesse configurar degradação. As alterações foram consideradas como recuperação, quando se observou a mudança do que era solo exposto e caatinga arbustiva aberta para tipologia arbustiva fechada.

Na caatinga arbustiva aberta foram consideradas sem alteração as áreas onde não ocorreu nenhum tipo de recuperação, isto é, mudança de tipologia. As alterações foram

consideradas como mudança para a tipologia arbustiva fechada, e mudança da classe solo exposto para caatinga arbustiva aberta, estas indicando recuperação da caatinga.

Mapeamento dos níveis de suscetibilidade à Desertificação

O mapa global de suscetibilidade à desertificação (SAD) foi gerado através do cruzamento de informações dos solos, declividade do terreno, índices de pluviosidade, tipo de uso do solo e densidade da vegetação em análise multicritério.

A metodologia multicritério consiste em realizar uma análise, construindo uma escala de importância entre os fatores analisados para, posteriormente, serem colocados em uma matriz de relacionamento. Com isso, havendo informações necessárias para uma análise comparativa, pode assim haver uma percepção de que há uma hierarquia de importância entre os mesmos (SAATY, 1977).

De acordo com Paim e Oliveira (2011), a modelagem multicritério consiste em combinação linear de pesos, em que variáveis são ponderadas por pesos, conforme seu grau de importância, e que são integradas, gerando um resultado do grau de favorecimento para um determinado objetivo.

A análise multicritério espacial baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final (MOURA, 2007).

A modelagem foi realizada seguindo a metodologia de Paim e Oliveira (2011), onde os dados foram trabalhados através do software Arcgis 10.2. Os fatores, portanto, que julgou-se importantes para identificar estas áreas de suscetibilidade à desertificação foram: (1) Tipo de uso do solo – tipos de uso, construído através de imagens Landsat TM (30m); (2) Declividade – construído através de Modelo Digital de Terreno (TOPODATA, INPE, 30m); (3) NDVI – Índice de vegetação, expressando a densidade de biomassa (vegetação) em função do valor de reflectância de cada pixel; (4) Mapa de Isoietas – expressa as áreas com índices de precipitação similares (Atlas SRH) e (5) Tipo de solos – corresponde à classe de solo e as características físico-químicas dos mesmos, sendo um fator relevante para observar exposição aos agentes intempéricos.

A partir de tal organização hierárquica, o significado de cada fator é calculado comparando-os entre si. Para tanto, define-se pesos em uma matriz de comparação pareada seguindo uma escala que varia de 1 à 5. Os pesos de cada fator ou variável são calculados

com base nos auto-valores da matriz, transformando a paisagem num arranjo de células que variam entre 0 e 100%. Os pesos atribuídos a cada variável trabalhada pode ser visualizado no quadro 6.

Quadro 6- Matriz de pesos dos indicadores ambientais.

Temas	Pesos	Componentes da Legenda	Notas
Solos	20%		
		Luvissolo	4
		Neossolo	5
		Planossolo	3
NDVI	30%		
		(-1- 0,0004)	1
		(0,0005- 0,1)	5
		(0,1-0,2)	4
		(0,3-0,6)	3
Uso e ocupação	20%		
		Pastagem e solo exposto	5
		Corpos d'água	1
		Caatinga Arbórea	2
		Caatinga Arbustiva	3
		Agricultura Irrigada	5
		Área Urbana	1
Declividade	10%		
		Plano (0-3%)	1
		Suave Ondulado (3-8%)	3
		Ondulado (8-20%)	4
		Forte-Ondulado (20-45%)	5
Pluviosidade	20%		
		600 mm	3
		700 mm	5

Elaboração: Douglas Vieira Gois, 2016.

Ademais, em ambiente do software ARCGIS 10.2, foram confeccionados mapas temáticos para demonstrar a espacialização dos resultados da suscetibilidade ao processo de desertificação.

Capítulo III:

Resultados

3CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1Análise dos Indicadores Socioeconômicos associados ao processo de Desertificação

Seguindo a metodologia proposta por Lima (2014), a análise dos indicadores socioeconômicos foi feita de forma independente entre eles e entre os indicadores físico-ambientais, avaliando a situação de melhora ou piora em relação ao período anterior. Apesar de analisados separadamente, os grupos de indicadores acabam por se comunicar, pois o conjunto analisado se propõe a avaliar a situação socioeconômica, de modo geral, do município. Como grupos de indicadores socioeconômicos, foram considerados: os sociais, os econômicos e os agropecuários.

Indicadores Sociais

A análise do processo evolutivo dos indicadores sociais indica um processo de mudanças no quadro social na área de estudo, que por sua vez possuem relação direta com os indicadores biofísicos de suscetibilidade à degradação ambiental/desertificação.

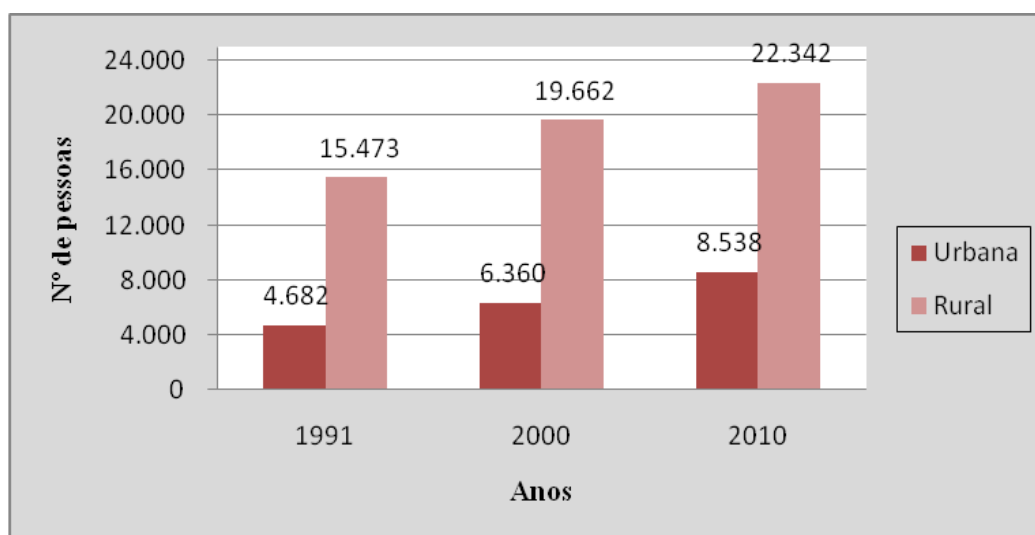


Figura 18- Evolução da População Urbana e Rural do Município de Poço Redondo.
Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, Censo demográfico 1990, 2000 e 2010.

Na Figura 18, pode-se analisar a evolução do contingente populacional nas áreas rural e urbana do município de Poço Redondo. Cabe destacar que nas duas décadas (1990 e 2000) houve uma predominância da população rural sobre a urbana, o que demonstra uma maior pressão sobre os recursos naturais nas áreas rurais, e por conseguinte, uma maior

vulnerabilidade social dessa população frente às perdas econômicas associadas às áreas degradadas/desertificadas.



Figura 19- Taxa de analfabetismo - 15 anos ou mais no município de Poço Redondo.
Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, Censo demográfico 1990, 2000 e 2010.

Quanto à escolaridade da população, verificou-se uma redução de 32,8% no percentual de analfabetos com idade de 15 anos ou mais no município (Figura 19). Deve-se destacar que apesar da redução da taxa de analfabetos, o município apresenta um alto índice quando comparado à média do estado de Sergipe, que em 2010 obteve média de 18,4%, enquanto que em Poço Redondo 35,58% da população nessa faixa etária era analfabeta. O município apresenta uma das maiores proporções de analfabetos do estado, estando atrás apenas da cidade de Nossa Senhora de Aparecida.

De acordo com o Fundo das Nações Unidas para a Infância, as famílias que perdem seus meios de subsistência em decorrência da seca dificilmente têm condições de manter seus filhos na escola (UNICEF, 2011). Nesse contexto, é conveniente supor que os indicadores educacionais na área de estudo sejam relativamente menos favoráveis que em outras regiões menos vulneráveis.

Nesse sentido, destaca-se a necessidade da educação ambiental contextualizada com a educação formal no ambiente semiárido, para disseminação do conhecimento sobre a ocorrência, causas e consequências da degradação/desertificação na região. A educação ambiental é essencial para angariar o apoio e a participação da população nas ações de defesa ao meio ambiente (FEITOSA, 2011).

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um indicador que mede o desenvolvimento humano de um país ou uma grande região. Foi desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) como uma ferramenta de comparação entre os países. Para sua aplicação em nível municipal tornaram-se necessárias algumas adaptações metodológicas e conceituais. Dessa forma, o PNUD, em parceria com a Fundação João Pinheiro e com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), criou o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) com o objetivo de representar mais fielmente as características de unidades geográficas de pequeno porte, como os municípios (MMA, 2007).

A metodologia de cálculo do IDH-M consiste no cálculo da média aritmética de três subcomponentes, relacionados à longevidade (IDH-M-Longevidade), à educação (IDH-M-Educação) e à renda (IDH-M-Renda). O índice pode ser classificado em três categorias: a) municípios com desenvolvimento humano baixo ($0 = \text{IDH} < 0,5$); b) municípios com desenvolvimento humano médio ($0,5 = \text{IDH} < 0,8$) e; c) municípios com desenvolvimento humano alto ($0,8 = \text{IDH} = 1$) (MMA, 2007).

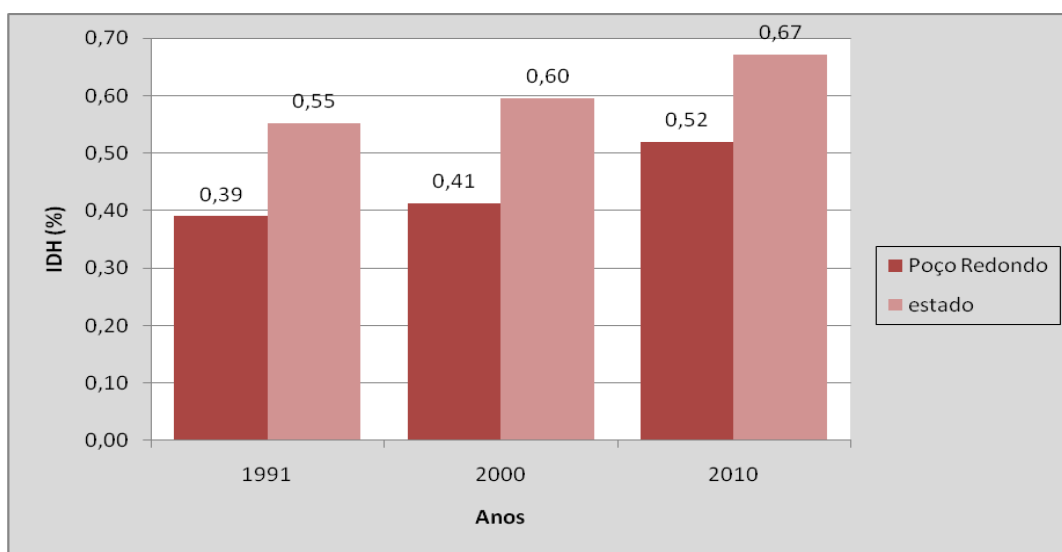


Figura 20- Evolução da média do IDH-M de Poço Redondo.

Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, Censo demográfico 1990, 2000 e 2010.

No que diz respeito ao Índice IDH-M, o indicador apresentou ascensão nas duas décadas analisadas. Em 1990, a média do IDH-M era 0,39, considerado um padrão de desenvolvimento baixo, passando para 0,41 em 2000; e chegando a 0,52 em 2010, nível considerado médio (Figura 20). Apesar do aumento nas últimas décadas, o IDH-M do município de Poço Redondo ainda está abaixo da média estadual, quem em 2010 obteve

índice de 0,67 e ainda é considerado um nível médio de desenvolvimento. Do mesmo modo, malgrado a melhoria nos indicadores que compõem o IDH-M do referido município, o mesmo é rankeado com o 5º pior índice dos municípios no estado de Sergipe.

Dentre as políticas públicas no Nordeste que mais promoveram mobilidade econômica e social, pode-se destacar o Bolsa Família. De acordo com o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), o Bolsa Família integra o Plano Brasil Sem Miséria, que tem como foco o enfrentamento da pobreza, visando garantir o acesso de todas as famílias pobres, não apenas a uma renda complementar, mas a direitos sociais nas áreas de educação, saúde e assistência social (LIMA, 2014).

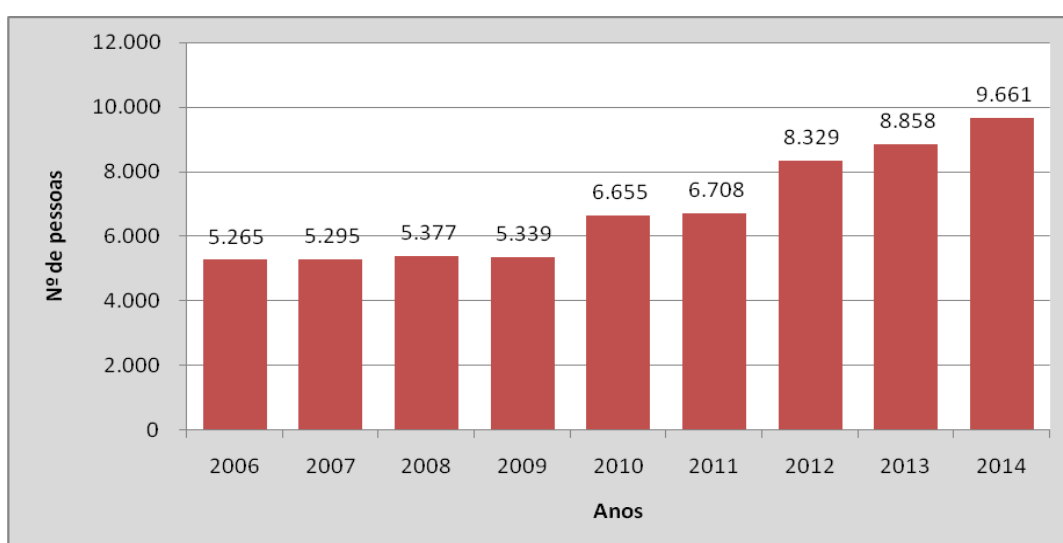


Figura 21– Evolução da quantidade de famílias inscritas no Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico) no município de Poço Redondo- 2006 a 2014.
Fonte: Caixa Econômica Federal, 2015.

O Cadastro Único é um banco de dados que foi criado para o Governo Federal saber quem são e como vivem as famílias brasileiras mais pobres. De acordo com dados da Caixa Econômica Federal, em 2006, o número de cadastrados no CadÚnico era de 5,265 famílias, passando para 9,661 no ano de 2014, tendo um aumento de 45,5% de famílias cadastradas no programa social (figura 21). Tal panorama demonstra que houve um aumento da cobertura dos programas sociais no município, possibilitando assim uma melhor condição de enfrentamento aos impactos da seca e do processo de desertificação.

Ademais, a partir da análise do grupo de indicadores sociais, atribuiu-se o nível de alta vulnerabilidade social, posto que a degradação/desertificação e os impactos ambientais decorrentes desse processo refletem na mobilidade social da população local, embora haja uma melhoria nos indicadores sociais.

Destaca-se que a pressão da população sobre os recursos naturais, já espontaneamente frágeis, leva à deterioração ambiental gerando um ciclo de pobreza e miséria, tornando a região cada vez mais vulnerável. A vulnerabilidade resulta da fragilidade ambiental, econômica e social, constituindo-se em processo de retroalimentação.

Indicadores Econômicos

De acordo com a metodologia proposta por Lima (2014), a evolução dos indicadores econômicos seguiu a mesma tendência dos indicadores sociais, e estão diretamente relacionados. Com os indicadores econômicos buscou-se analisar especificadamente como ocorreu a evolução da população economicamente ativa (PEA) e da renda per capita, apesar desse indicador fazer parte do IDH, pois é um indicador composto.

No período entre 2000 e 2010, o número total de pessoas economicamente ativas aumentou 23,4%. No ano de 2000 a PEA era de 8,451 pessoas, passando para 11,032 em 2010 (Figura 22). Portanto, o município apresentou uma mudança na dinâmica da economia, com um aumento de pessoas no mercado de trabalho. Contudo, ainda apresenta uma das menores proporções de PEA dentre os municípios do estado de Sergipe.

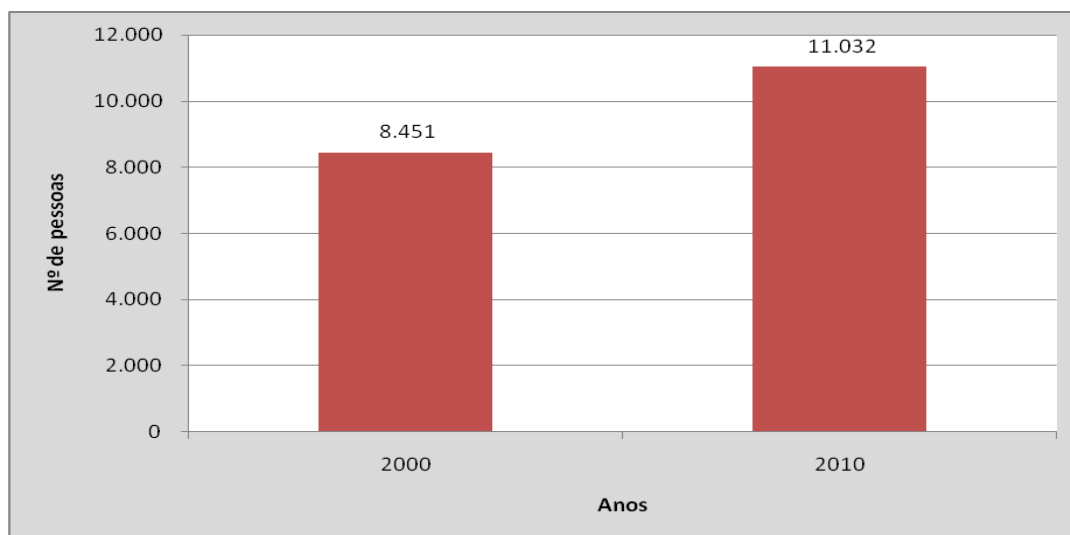


Figura 22- Evolução da população total economicamente ativa (PEA) no município de Poço Redondo.
Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, Censo demográfico 1990, 2000 e 2010.

Quanto a renda per capita, observou-se um aumento em todo o período analisado. No ano de 1991 a renda per capita média para o município de Poço Redondo era de R\$ 90,8 reais, passando para R\$ 103,8 reais em 2000 e subindo para R\$ 200,2 reais em 2010 (Figura 23). Embora tenha ocorrido um aumento de mais de 100% no dentro do período analisado, a renda per capita do município ainda está abaixo da média estadual, que em 2010 era R\$ 523,5.

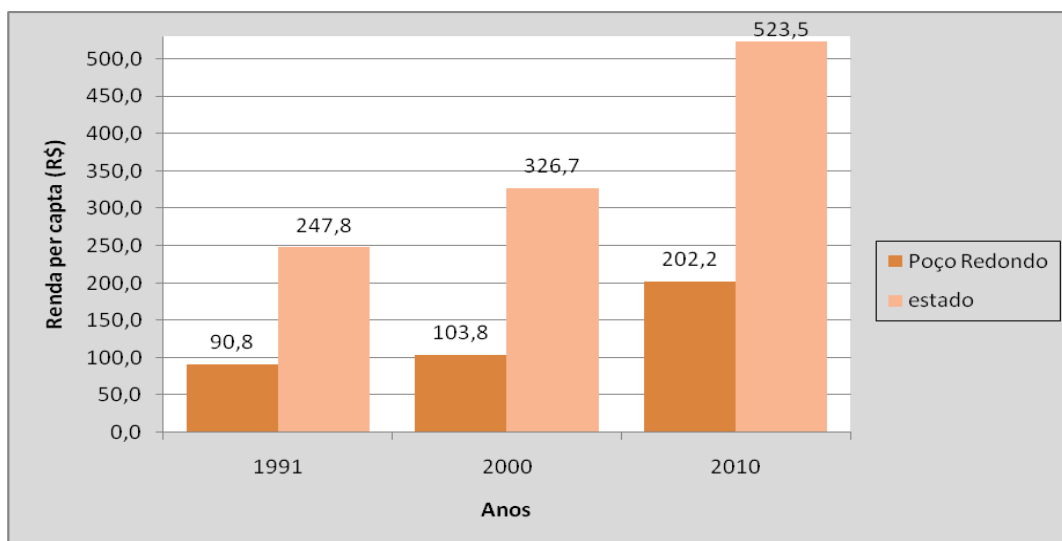


Figura 23- Evolução da Renda per capita total do município de Poço Redondo.
Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, Censo demográfico 1990, 2000 e 2010.

Pode-se destacar que uma das principais características associadas ao aumento da renda per capita e da PEA é a queda na desigualdade pessoal da renda. Contudo, não se deve associar o aumento de tais indicadores econômicos dentro do período analisado com uma grande redução das desigualdades da população, pois Poço Redondo ainda é um dos municípios do estado com maior grau de desigualdade, de acordo com o índice de Gine.

Ademais, deve-se destacar que apesar da melhoria dos indicadores econômicos, como PEA e renda per capita, o município de Poço Redondo ainda apresenta baixos índices econômicos quando comparado a outros municípios e até mesmo à média do estado. Portanto, a vulnerabilidade econômica e, por conseguinte social ainda é alta no município, visto que predomina uma elevada desigualdade social e a população sem acesso aos bens econômicos estão mais expostas aos impactos decorrentes do processo de degradação/desertificação, pois em sua maioria não possuem estratégia de enfrentamento às intempéries naturais.

Indicadores Agropecuários

A análise do grupo de indicadores agropecuários objetivou verificar a relação entre os mesmos e o processo de desertificação. Como os indicadores influenciam e são influenciados pela degradação decorrente das secas e da desertificação.

Nesse sentido, deve-se destacar que alguns indicadores foram analisados durante dois períodos, outros puderam ser analisados numa escala temporal maior, de modo que foi a disponibilidade de dados quem determinou o tempo de análise.

Assim, seguindo a metodologia adaptada a partir de Lima (2014), o número e área total de estabelecimentos foram utilizados para identificar o comportamento, de modo preliminar, da estrutura fundiária, pois se admite, de modo imperativo, a necessidade de mais informações acerca desse elemento para traçar um perfil mais elaborado. Contudo, para fins dessa pesquisa buscou-se, somente, saber se o número e/ou a área dos estabelecimentos havia diminuído ou aumentado.

Quanto ao número de estabelecimentos agropecuários, verificou-se um aumento entre os anos de 1995 e 2006, passando de 2.071 para 3.961 estabelecimentos (Figura 24). Assim, no período analisado houve um aumento de 1.890 estabelecimentos, o que representa uma queda de 47,7%. No que diz respeito às áreas dos estabelecimentos, a mesma também apresentou crescimento entre 1995 e 2006. Em 1995 as propriedades agropecuárias ocupavam uma área de 87.502 hectares, passando para 96.302 no ano de 2006, o que representou um aumento de 9,1 %.

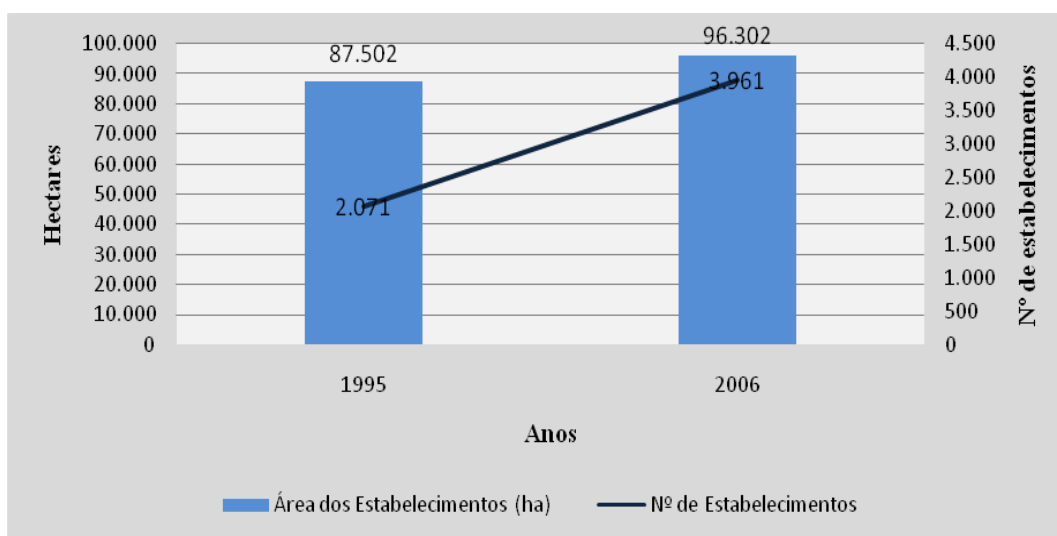


Figura 24- Número Total e área dos Estabelecimentos Agropecuários no município de Poço Redondo.
Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, Censo agropecuário 1995 e 2006.

O aumento no número e área dos estabelecimentos pode estar ligado à luta pela terra no município de Poço Redondo, já que o mesmo é referência no estado de Sergipe em número de assentamentos e acampamento de reforma agrária. Todavia, o aumento do número de propriedades também pode estar relacionado ao parcelamento de grandes propriedades por conta de divisão de heranças familiares.

Apesar o aumento de pequenos estabelecimentos agropecuários representar uma melhoria na distribuição de terras, tais propriedades rurais devem ser manejadas de modo que

a terra não seja utilizada de forma que a leva a exaustão, por conta do uso excessivo que o pequeno tamanho da propriedade muitas vezes impõe ao agricultor.

Ademais, grande parcela dos proprietários dos pequenos estabelecimentos agropecuários dependem predominantemente dos recursos naturais existentes em suas terras, desse modo, podendo submeter às terras à um regime de uso mais intenso, comprometendo a resiliência dos sistemas ambientais.

Quanto à produção na lavoura temporária pode-se destacar sua forte dependência quanto à questão climática, sobretudo à regularidade das chuvas. Entretanto, o semiárido brasileiro e, por conseguinte, o sergipano apresenta uma irregularidade pluviométrica marcante, que afeta diretamente a dinâmica agrícola e agrária da região.

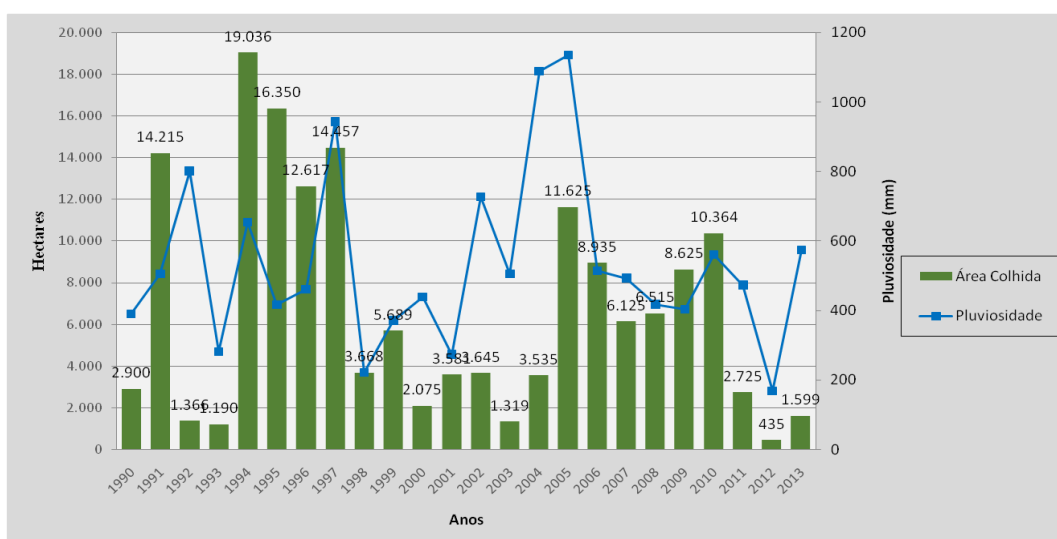


Figura 25- Área colhida na lavoura temporária no município de Poço Redondo.
Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, 2015.

Observam-se expressivos ciclos de diminuição da área colhida em períodos quando a pluviosidade apresentou maior irregularidade ou ficou muito abaixo da média climatológica. Pode-se exemplificar a correlação entre área colhida observando as colheitas dos anos 2010 e 2012, quando a produção apresentou uma redução de 95,4 % da área, saindo de 10.364 para 435 hectares (Figura 25). O período exemplificado houve um grande déficit pluviométrico no município de Poço Redondo, o que correspondeu a grandes perdas nas lavouras ou até diminuição das plantações.

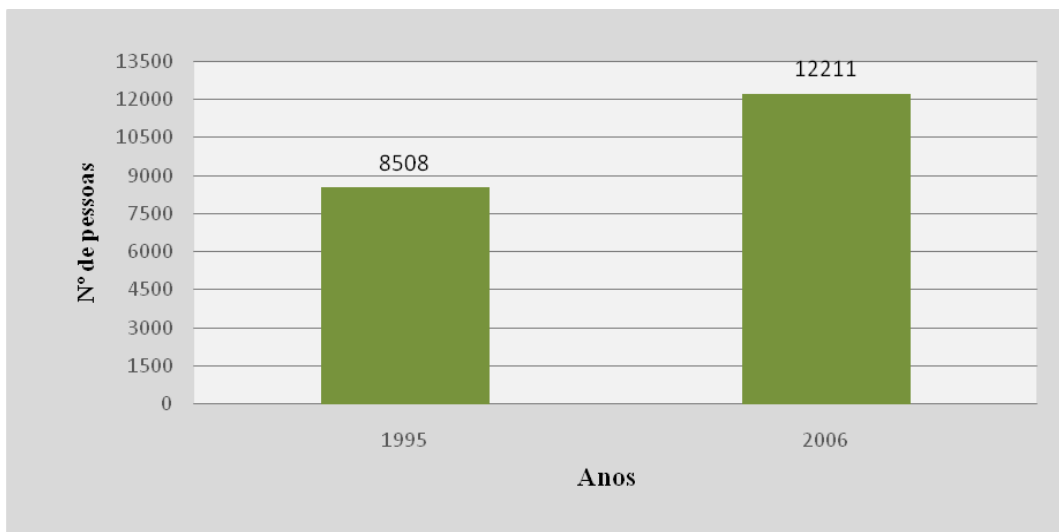


Figura 26- Evolução do Pessoal Ocupado na Agropecuária no município de Poço Redondo.
Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, Censo agropecuário 1995 e 2006.

No que diz respeito ao pessoal ocupado na agropecuária, houve um aumento de 30,3% entre os anos de 1995 e 2006, que ocupavam respectivamente 8.508 e 12.211 postos de trabalhos (Figura 26). Tal crescimento demonstra uma maior taxa de ocupação e oportunidades de trabalho da população rural, já que o município possui uma predominância de ocupação em sua zona rural.

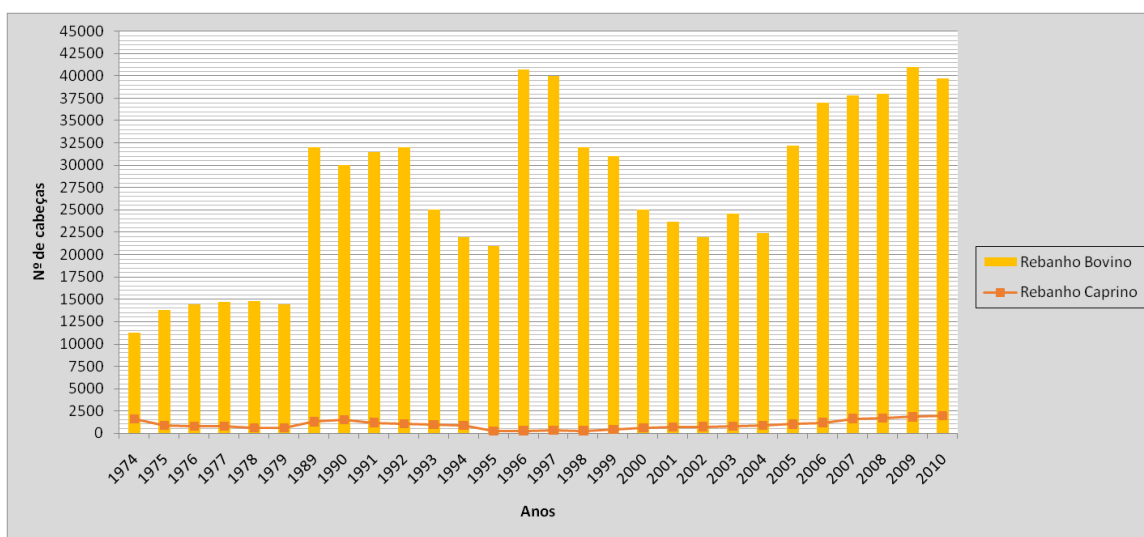


Figura 27- Evolução do número de bovinos e caprinos no município de Poço Redondo.
Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, 2015.

Ao analisarmos a evolução do número de bovinos e caprinos, podemos destacar que embora não seja um animal mais apropriado para criação em larga escala no semiárido, o rebanho bovino predomina no município analisado. Dentro do período de análise, os caprinos representaram apenas 3,5% do rebanho quando comparados ao bovino. No mesmo sentido, ao

compararmos o número de caprinos do ano de 1974 e 2010, pode-se constatar que não houve aumento significativo do rebanho passando de 1.600 para 1.970 cabeças respectivamente (Figura 27). Além disso, podem ser constatados períodos de retração do rebanho caprino, onde muitas vezes estão associados à períodos de secas.

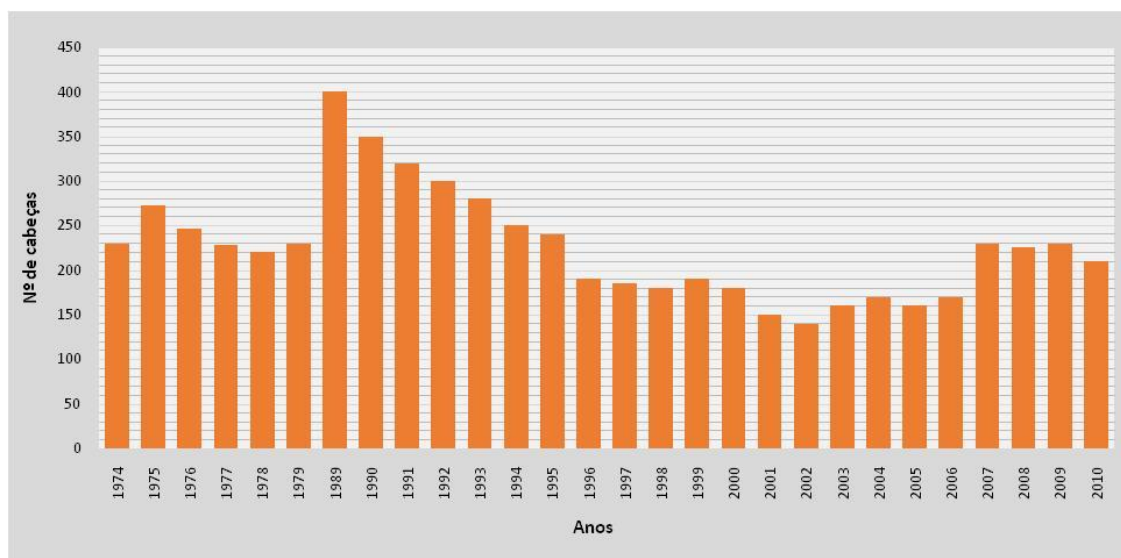


Figura 28 - Evolução do número de muares no município de Poço Redondo.
Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, 2015.

No que diz respeito ao rebanho de muares, os populares burros, representam uma pequena parcela dos animais do município, cerca de 0,8 % do rebanho dentro do período de 1974 à 2010 (Figura 28). Ainda assim, representam uma expressiva pressão quanto à carga animal em áreas degradadas e secas.

Assim, deve-se salientar que é necessária a implantação de projetos que incentivem a caprinocultura no município, vista sua capacidade de adaptação ao clima semiárido, resistindo a períodos longos de estiagens possuindo maior eficiência produtiva nesses períodos.

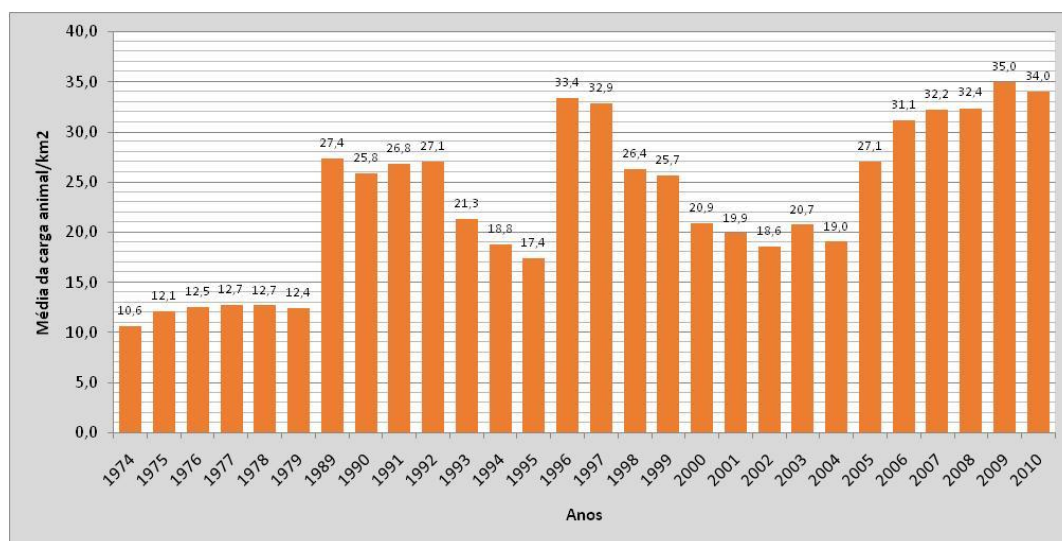


Figura 29- Média da carga animal do município de Poço Redondo.

Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, 2015.

Sendo a carga animal a razão entre o número de animais dividido pela área o município, pode-se destacar que esse indicador apresenta um bom índice de mensuração da capacidade de degradação advinda da pecuária, visto que os animais do município são criados primordialmente de modo extensivo, de modo que precisam de mais espaço. Assim, deve-se salientar que no final da década de 1990 houve uma redução da carga animal, enquanto que no início dos anos 2000 a carga animal apresentou um crescimento contínuo (Figura 29). Todavia, a diminuição da carga animal pode estar relacionado diretamente aos períodos de secas, quando os rebanhos sofrem retrações por conta da escassez da água e de pasto.

Destaca-se ainda que o aumento da carga associado às condições de seca aumenta a suscetibilidade à degradação das terras e, por conseguinte, da desertificação.

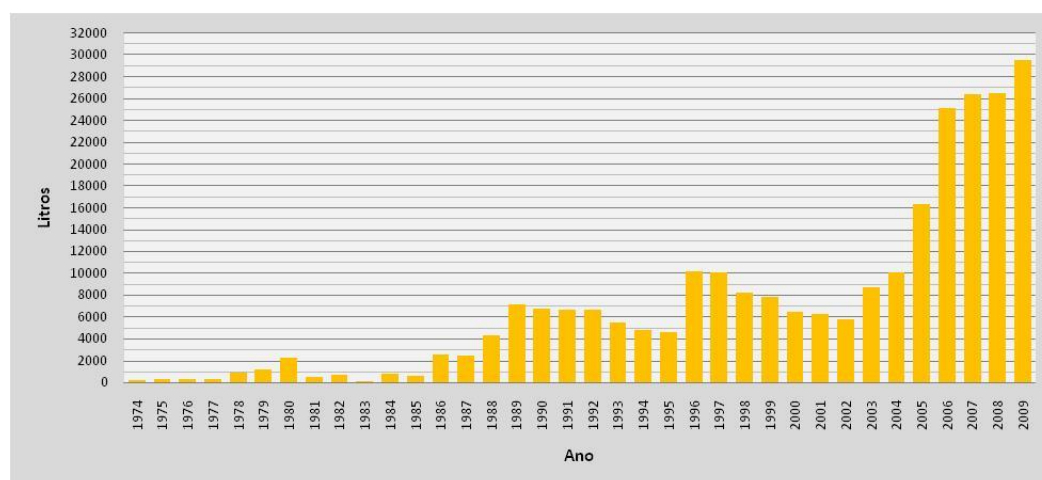


Figura 30- Produção de leite no município de Poço Redondo.

Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, 2015.

Quanto à produção animal, mais especificamente a produção de leite, pode-se destacar que houve um aumento exponencial dentro do período de 1974-2009 com um acréscimo de 99,2% quando comparados a produção em 1974, que foi de 248 litros, passando para 29.486 litros em 2009 (Figura 30). Esse aumento deve-se ao fato de que o município faz parte de uma grande bacia leiteira, que é o Alto Sertão Sergipano. Todavia, esse tipo de produção é extremamente dependente das condições climáticas, deixando os agricultores mais vulneráveis durante os períodos de secas, sobretudo os pequenos produtores que não provem de muitos recursos para alimentar o gado no período de estiagens.

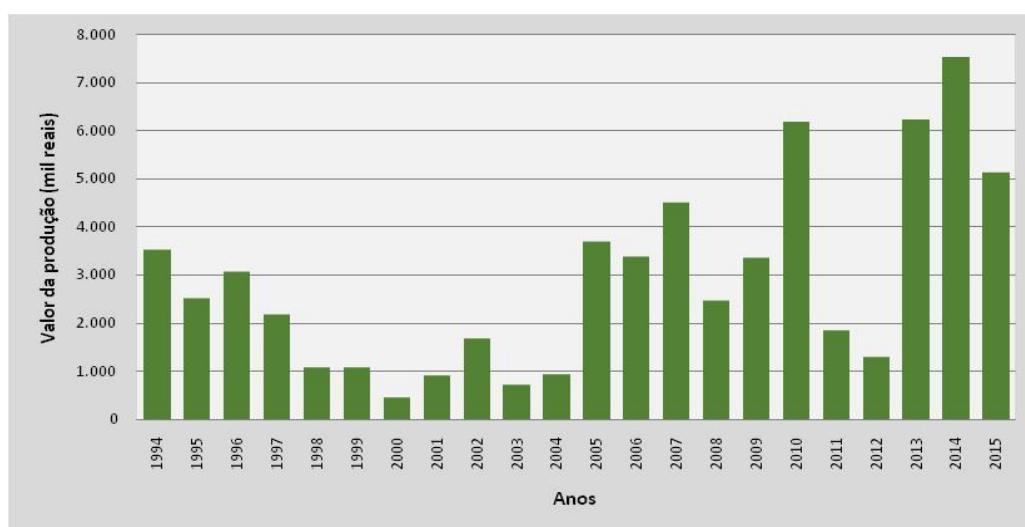


Figura 31- Evolução dos totais dos valores da produção agropecuária de lavouras temporárias no município de Poço Redondo.

Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, 2015.

Os valores referentes a produção da agropecuária de lavouras temporárias (Figura 31) apresentaram vários picos e posteriores quedas. Houve um valor mínimo de 405 mil reais no ano de 2000 e uma máxima em 2014 com 7.531 mil reais, representando uma diferença de 94,1% nos valores das produções. Tal dinâmica está relacionada diretamente às variáveis ambientais, sobretudo as chuvas.

As baixas nos montantes arrecadados com a produção agropecuária estão ligadas predominantemente aos períodos de secas prolongadas, quando há uma grande perda nas lavouras e conseqüentemente nos valores auferidos com os produtos agropecuários.

No que diz respeito às pastagens naturais, verifica-se um aumento de 6,8% nesse tipo de cultivo, que passa de 35.481 hectares em 1995 para 37.677 hectares em 2006. Tal aumento pode ser associado diretamente ao aumento do número de propriedades que aumentou a demanda por áreas de pasto para o gado (Figura 32).

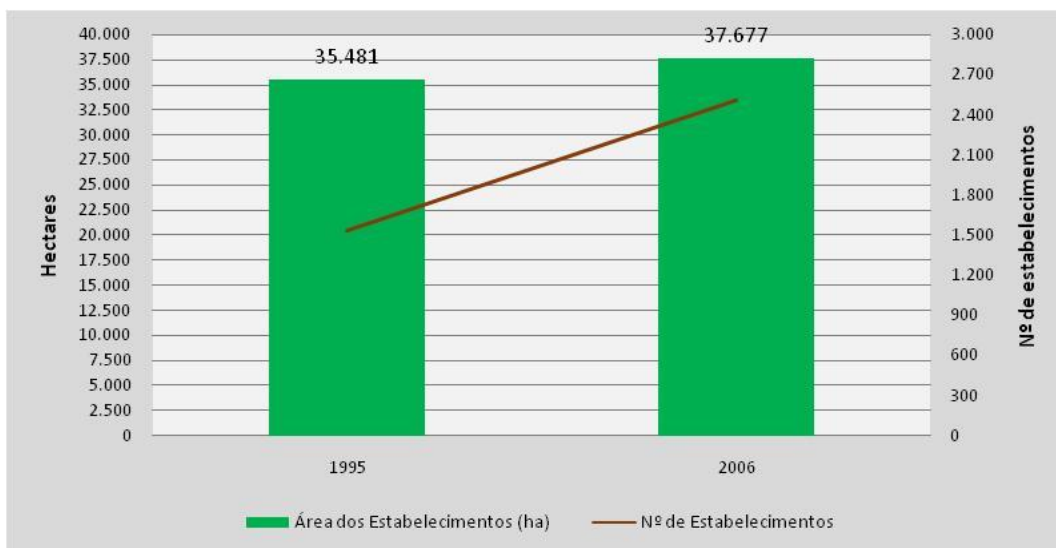


Figura 32- Evolução da Área das Pastagens Naturais em hectares no município de Poço Redondo.
Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, 2015.

No caso das pastagens plantadas, as mesmas apresentaram um maior aumento quando comparadas às pastagens naturais. A área plantada passou de 11.259 hectares em 1995 para 19.689 hectares em 2006, o que representou um aumento de 42,8% nas áreas plantadas (Figura 33).

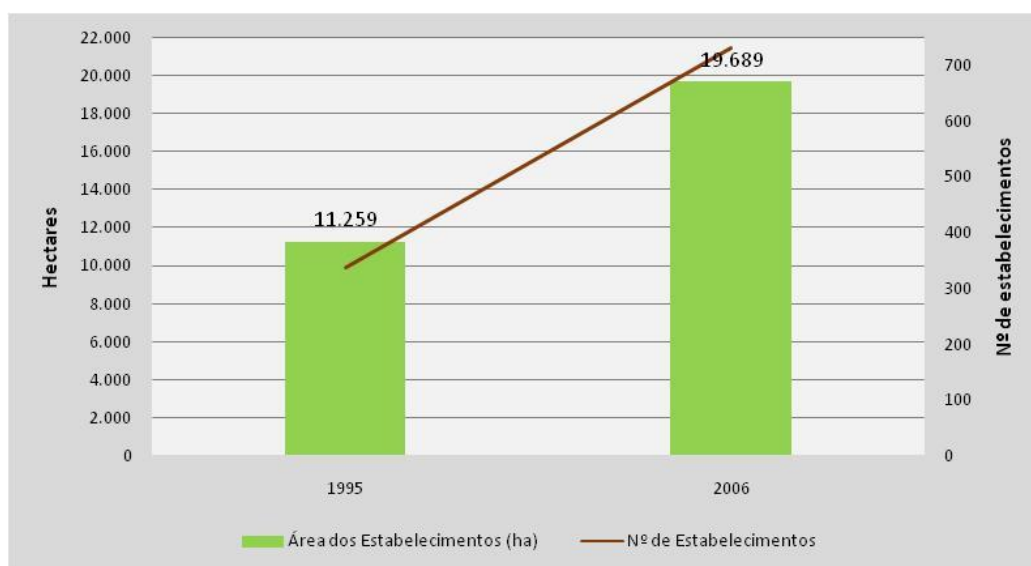


Figura 33- Evolução da Área das Pastagens Plantadas em hectares no município de Poço Redondo.
Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, 2015.

O aumento nas áreas de pastagens plantadas também apresenta correlação direta com o aumento do número de estabelecimentos rurais, como constatado nas pastagens naturais. O aumento do número de estabelecimentos, quando acompanhado de uma redução no tamanho das propriedades é muitas vezes acompanhado de um uso mais intensivo da terra, onde áreas antes em pousio são destinadas a produção, seja na pecuária ou agricultura.

No município de Poço Redondo, foi verificada uma grande diminuição na produção de carvão vegetal a partir do ano de 2011 (Figura 34). Ao compararmos os dados do ano de 2004 e os de 2015 constata-se que houve uma redução de carvão vegetal. Esse indicador é bastante positivo, e deve-se, sobretudo às políticas de assistência técnica rural que estimulam o manejo sustentável da caatinga, assim como a fiscalização dos órgãos ambientais competentes.

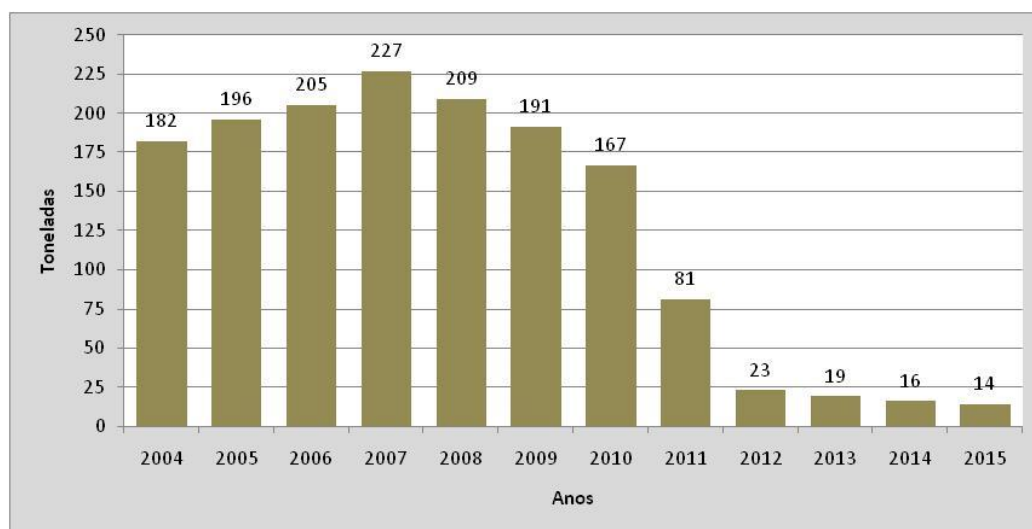


Figura 34- Produção de Carvão Vegetal no município de Poço Redondo.
Fonte: Base de dados do Observatório de Sergipe, 2015.

Ademais, pode-se destacar que embora haja uma melhoria nos indicadores socioeconômicos, as condições de desigualdade de renda, sendo um dos municípios sergipanos com maior desigualdade, e o irregular acesso à terra e os recursos naturais nela provenientes expõem a população às condições de vulnerabilidade social, que são agravadas em razão das condições de semiáridade e as consequências do processo de desertificação.

3.2 Análise do Uso do Solo na área de estudo e sua relação com a suscetibilidade ao processo de Desertificação

Com o intuito de analisar as variáveis biofísicas e compreender o comportamento das mesmas e suas relações com as características físicas da área de estudo, foi possível integrar as informações extraídas das imagens de satélite, a saber, o uso e cobertura do solo à suscetibilidade ao processo de desertificação.

Nesse sentido, os diferentes tipos e usos da terra e suas intensidades foram analisados tendo em vista um maior ou menor grau de proteção do solo contra os processos degradantes. Desse modo, buscou-se avaliar o quadro atual de uso do solo e sua contribuição para o avanço/recuo da desertificação.

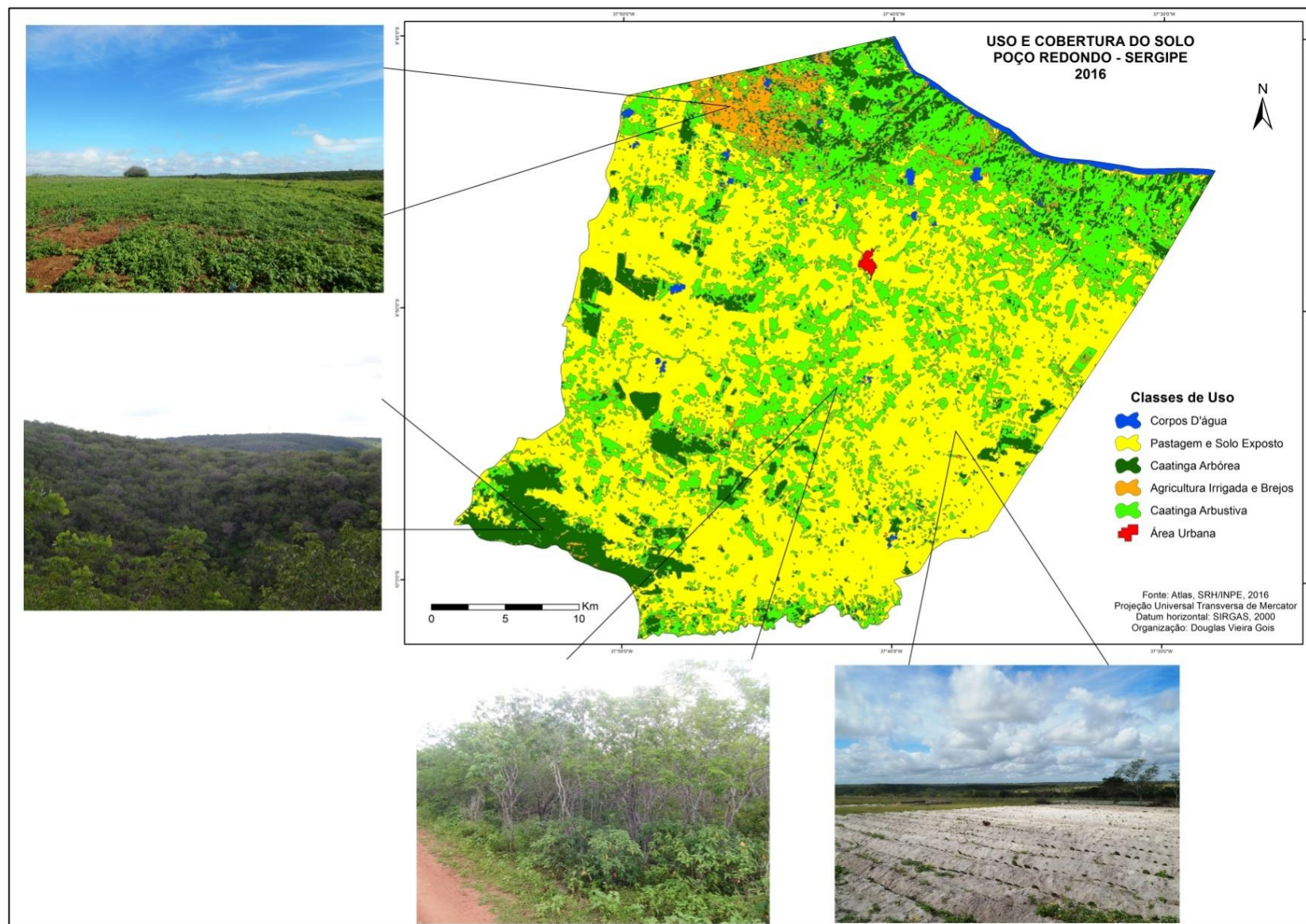


Figura 35- Uso e Cobertura do Solo no município de Poço Redondo, no ano de 2016.

Na Figura 35 pode-se visualizar a espacialização do mapeamento do Uso e Cobertura do Solo no ano 2016 das classes de cobertura: Corpos D'água, Solo Exposto e pastagem, Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva, Agricultura Irrigada e Brejos e Área Urbana, para a cena do satélite Landsat 8, datada de 18/02/2016.

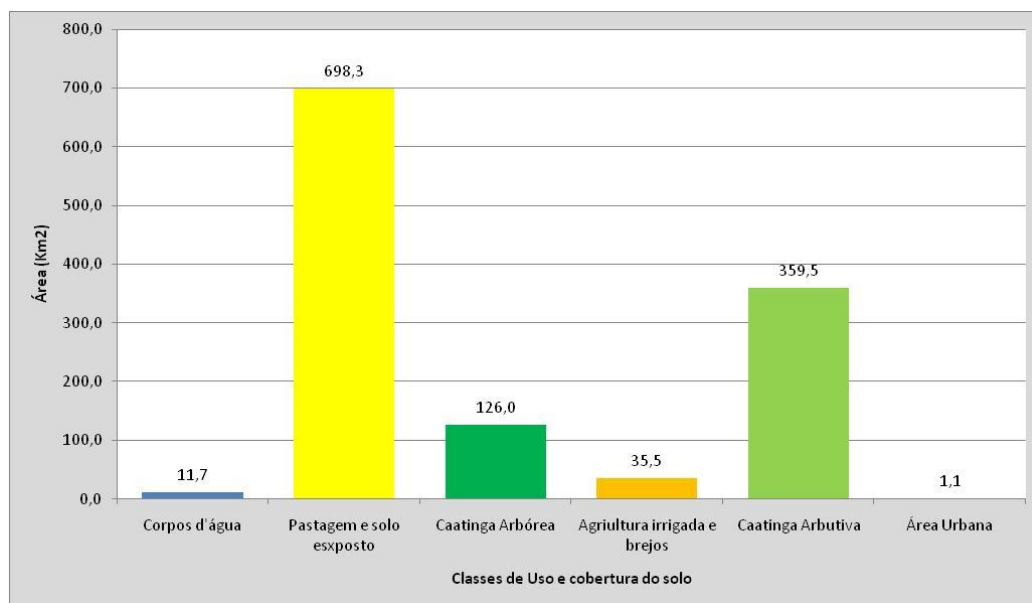


Figura 36- Área das classes de uso e ocupação do solo no município de Poço Redondo.

A classe temática Caatinga Arbórea (figura 37) mostrou-se reduzida a pequenas ilhas e restrita a alguns pontos (áreas de exceção, sopé de serras, brejos de altitude, ou áreas de proteção permanente APP's de assentamentos e reforma agrária, visto as exigências na legislação), ocupando uma área de 126 Km², aproximadamente 10,2 % da área do município.

Em estudo similar Freire (2004) constatou que, na região de Xingó, áreas que eram cobertas por vegetação de caatinga em 1989 e/ou 1995, em 2003 tornou-se “Solo exposto”; áreas que em 1989 e/ou 1995 eram cobertas por “Caatinga arbórea”, em 2003 tornou-se “Caatinga Arbustiva”, que indica perda de biomassa, certamente por atividades ilegais de extração de madeira

A classe corpos d'água ocuparam 11,7 Km², o que equivale a 0,9 % da área (Figuras 35 e 36). Enquanto a área urbana ocupou apenas 1,1 Km², o equivalente a 0,1% da área territorial.



Figura 37- Formação de dossel da Caatinga Arbórea no Monumento Natural Grota do Angico-Poço Redondo-Sergipe (Período úmido).
Crédito: Douglas Vieira Gois, 2014.

A classe solo exposto e pastagens ocupou 698,3 Km², ou 56,7% da área em estudo (figuras 35 e 36), fato esse que denota grande suscetibilidade ao desencadeamento dos processos erosivos e, por conseguinte, áreas com reduzido potencial de produtividade agrícola, devido às classes de solo presentes na área (figura 38).

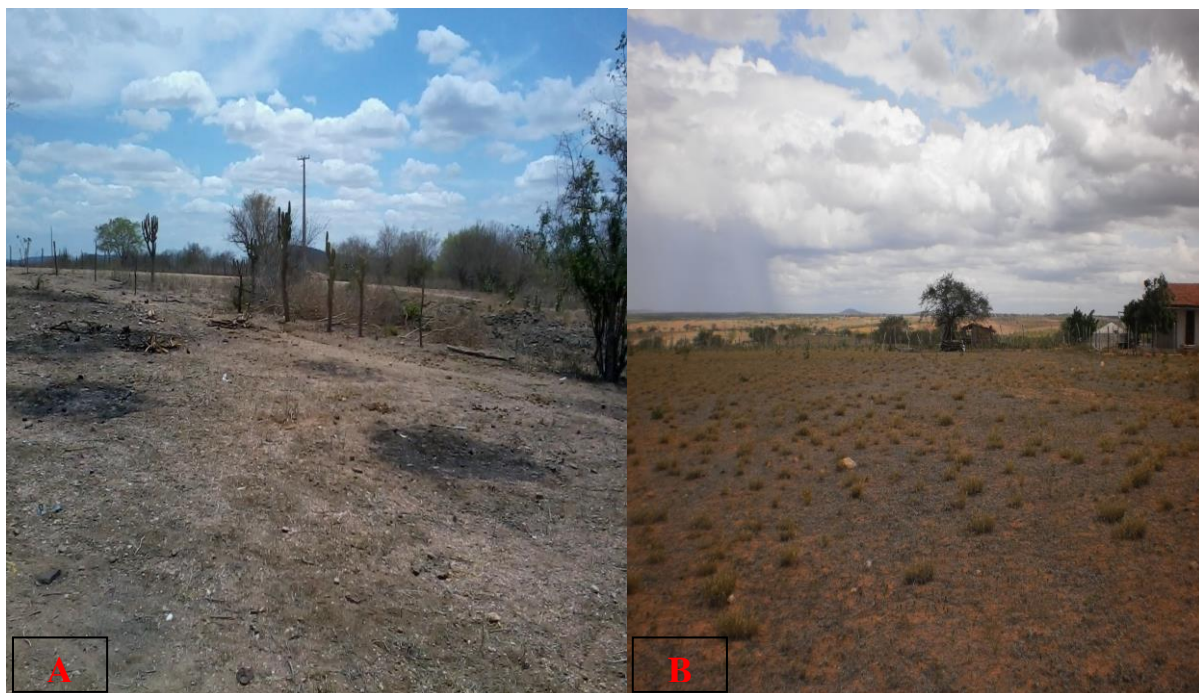


Figura 38 - A- Área de queimadas no município de Poço Redondo-Sergipe (Período seco). B- Área de pastagem no município de Poço Redondo-Sergipe (Período seco).
Crédito: Douglas Vieira Gois, 2014.

A classe Caatinga Arbustiva correspondeu à 359,5 Km², ou 23,5 %, sendo predominante nas partes noroeste e sul da área de estudo, também relacionados à APP's (figura 39). Tal fisionomia vegetacional é encontrada predominantemente em áreas de sucessão secundária, onde a vegetação está em fase de regeneração natural. Essa formação vegetal está distribuída de forma rarefeita em todo território do município.



Figura 39- Formação de Caatinga Arbustiva no Monumento Natural Grota do Angico-Poço Redondo-Sergipe (Período seco).
Crédito: Douglas Vieira Gois, 2014.

As áreas de Agricultura Irrigada e Brejos predominam no noroeste do município, onde estão localizados perímetros irrigados que perfazem 35,5 Km², ou 2,9 % do território (Figura 40). Tal classe, com destaque para as áreas irrigadas demandam maior atenção, devido ao alto risco à salinização dos solos e a consequente degradação ambiental da área. Restando a Área Urbana o pequeno percentual de 0,4% do município.

O processo de salinização dos solos é típico de regiões áridas e semiáridas, está associado ao material de formação do substrato rochoso e o tipo de solo da área, associada a má distribuição das chuvas, drenagem deficiente e exploração agrícola inadequada.



Figura 40- Área de agricultura irrigada no município de Poço Redondo-Sergipe (Período seco).
Crédito: Douglas Vieira Gois, 2014.

De acordo Oliveira et al. (2002) a salinização, associada à falta de habilidade de parte dos irrigantes no manejo da irrigação e às peculiaridades edafoclimáticas do Nordeste brasileiro, muito têm contribuído para o processo de degradação de solos da região. Elevadas concentrações de sais nos solos constituem um dos problemas para a agricultura global, com graves consequências econômicas e sociais (Farifteh et al., 2007).

Pesquisas comprovam a existência de áreas salinizadas no município de Poço Redondo. De acordo com Santos (2015), o perímetro irrigado Jacaré-Curituba encontra-se com solos salinos, salinos sódicos e sódicos, além de uma degradação do solo, bem como a redução da vegetação nativa na área, concluindo-se que o perímetro encontra-se em um processo de salinização avançado e a falta de manejo adequado acelera o processo.

Em estudo sobre o processo de desertificação na região de Xingó, área que abrange o município de Poço Redondo, Freire (2004) constatou que, no período 1989 - 2003: houve aumento de 91,3% de solo exposto; diminuição de áreas agropastoris de 21,2%; diminuição de caatinga arbórea de 9,7%; diminuição de caatinga arbustiva de 68,7%; e aumento de áreas urbanas ou antropizadas de 70%.

O mapa do Uso e Cobertura do Solo na de estudo evidencia a distribuição espacial das classes presentes na área. Nota-se que os solos expostos e pastagens ocupam um total de 56,7% da área de estudo. A predominância desse tipo de uso do solo aumenta a predisposição ao desencadeamento dos processos erosivos, efeito maximizado também pelas implicações das ações climáticas associadas à semiaridez.

3.3 Análise do NDVI na área de estudo e sua relação com à suscetibilidade ao processo de Desertificação

Nos mapas temáticos do NDVI (Figuras 42 e 43), pode-se verificar a espacialização dos valores desse índice para as datas da passagem do satélite em 01/11/1987; 14/11/2015. Como esperado, os maiores valores de NDVI foram apresentados pela vegetação mais densa, presente na área, apresentando valores de NDVI até 0,6. Pode-se afirmar que essa vegetação encontrava-se concentrada na porção norte e, também nas proximidades dos corpos d'água, e áreas de relevo residual, conforme pode ser verificado nas Figuras 42 e 43.

Nesse sentido, Arraes et al. (2012) consideram que um fator importante a ser analisado em ambiente de caatinga é a distribuição temporal das precipitações pluviométricas, a qual tem forte influência no balanço hídrico da região e, consequentemente, na umidade do solo, influenciando diretamente o NDVI.

A vegetação rala apresentou valores de NDVI entre 0,1 e 0,2. Esse tipo de vegetação é encontrado em toda área estudo não restrito a determinados locais, como é o caso da vegetação densa (Caatinga Arbórea). Com isso, deve-se ressaltar que o NDVI é influenciado pela resposta espectral do solo, isso explica alguns valores obtidos nas áreas de vegetação rala, espaçada e de pequeno porte.

Pode-se salientar ainda a influência da precipitação nos valores de NDVI, onde deve-se destacar que o estrato herbáceo e o dossel foliar da vegetação de Caatinga provocaram alterações significativas nos valores estimados de NDVI, pois sua atividade vegetativa foi intensificada e com isso tem-se o aumento da reflectância das folhas. Devendo, portanto, o pesquisador ficar atento às questões relacionadas a interação entre vegetação e condições climáticas.

Ademais, pode-se destacar no que diz respeito à dinâmica interanual do NDVI, os resultados obtidos mostraram que houve diferença entre os índices de vegetação e

consequentemente na dinâmica da cobertura vegetal (Figura 41), no período de 1987 e 2015. Pode-se observar que os percentuais de solo exposto aumentaram entre os anos analisados, passando de 723,1 km² ou 58,69% em 1987, para 770,1 km² ou 62 % no ano de 2015 (Ver figura 41, 42 e 43).



Figura 41-Área das classes de NDVI no município de Poço Redondo, 1987-2015.

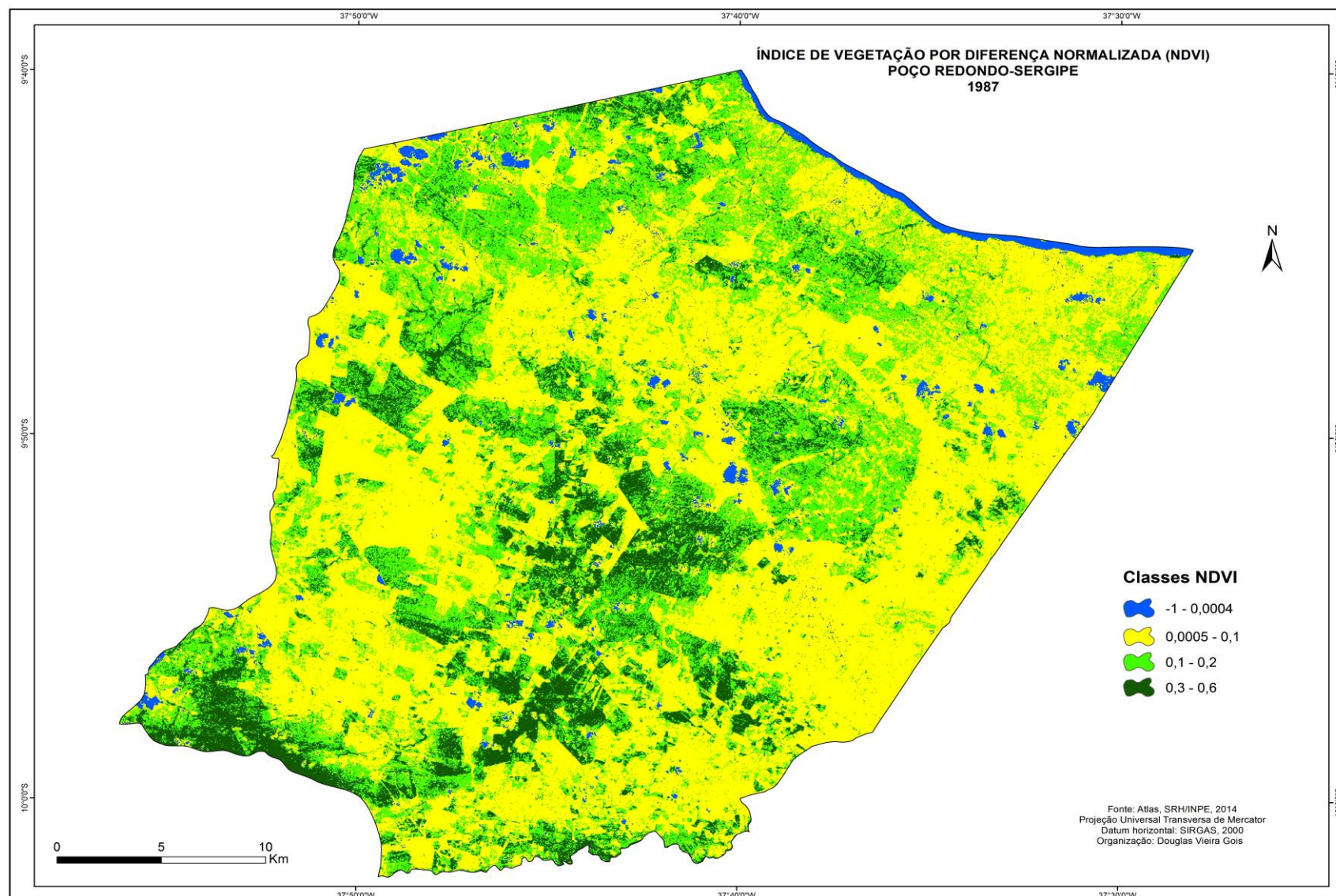


Figura 42- Dinâmica interanual do NDVI no município de Poço Redondo, no ano de 1987.

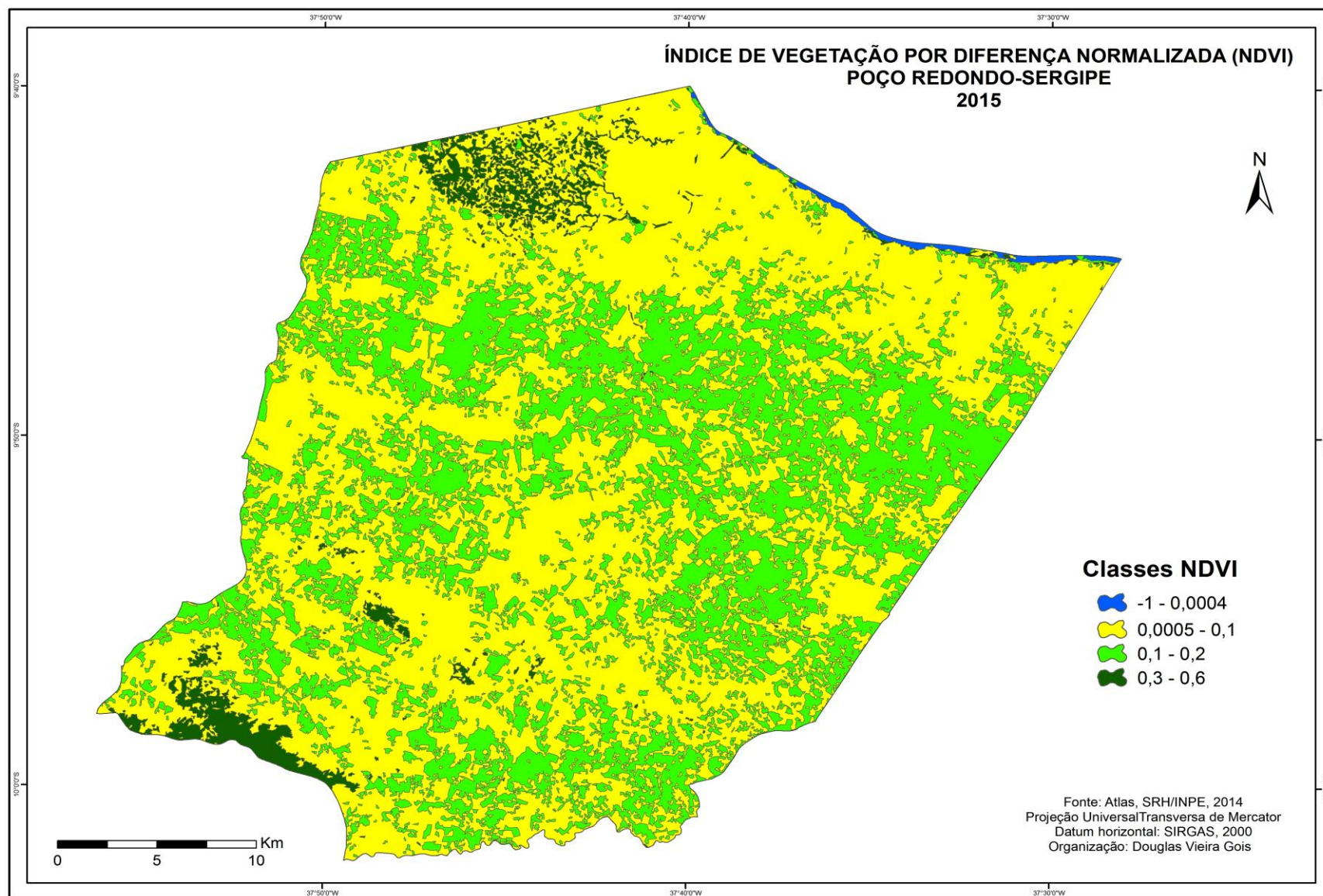


Figura 43- Dinâmica interanual do NDVI no município de Poço Redondo, no ano de 2015.

As mudanças na classe da resposta espectral de 0,1-0,2 que são associados a aumento das áreas irrigadas e da vegetação em regeneração na área de estudo. A presença de cobertura vegetal, sobretudo de vegetação arbustiva de áreas de agricultura irrigada não necessariamente proporcionam a proteção dos solos frente aos processos relacionados com a desertificação, haja vista que tais culturas em sua maioria são temporárias, portanto deixam os solos descobertos durante considerável período do ano.

Ainda no que diz respeito às maiores classes de cobertura da vegetação arbustiva (332 Km² ou 26,9% em 1987 e, 420,4 Km² ou 34,1% em 2015), concorrendo com o aumento dos solos expostos. Cabe destacar que o aumento desta classe está relacionado à derrubada da caatinga arbórea e a consequente perda de biomassa. Ademais, vale ressaltar que a vegetação arbustiva da caatinga sergipana, quando associadas a áreas com forte pressão antrópica (Ver figuras 20 e 21), sobretudo pela pecuária, apresentam diminuta resistência à erosão, embora possa proteger o solo, dependendo de suas características, como a capacidade de regeneração.

Já os índices relacionados à classe de vegetação arbórea, com maiores índices de biomassa, que correspondem a níveis de maior proteção dos solos, estes apresentaram diminuição entre o período analisado. No ano de 1987, 174 Km², ou 14,1% da área do município apresentava vegetação de porte arbóreo, já no ano de 2015, 37,1 Km² ou 3,0% da área apresentou-se nessa classe de NDVI.

Nesse sentido Souza (2008) destaca que a ocorrência de secas acentuadas, particularmente nas áreas onde os solos apresentam pequena profundidade, acabam criando uma situação em que a infiltração e o estoque da água utilizada pelas plantas vai diminuindo de forma intensa, o que se torna um importante fator limitante para a recolonização dessas áreas pela vegetação.

Assim, o município de Poço Redondo apresenta um cenário de diminuição da biomassa vegetal que aliada aos baixos índices pluviométricos compromete a utilização das terras para o desenvolvimento das atividades agrícolas.

Deste modo, pode-se destacar a correlação entre a dinâmica multitemporal do NDVI e o aumento da suscetibilidade ao processo de desertificação, vista a contribuição da biomassa vegetativa na proteção dos solos frente aos agentes erosivos e demais processos degradantes.

3.4 Análise dos Índices de Suscetibilidade ao processo de Desertificação em Poço Redondo-Sergipe

O processo da desertificação está associado a diversas variáveis ambientais, como índice de precipitações, o regime de chuvas, o substrato geológico, o tipo de solo, a declividade do terreno e a cobertura vegetal, sendo estas induzidas pelas derivações antropogênicas. Portanto, o índice global de suscetibilidade à desertificação foi construído a partir da correlação dos indicadores supracitados.

A pluviometria assume importância destacada dentro da modelagem da ocorrência de erosão. Visto que sua ação erosiva sobre o solo se dá pelo impacto das gotas e pelo escoamento da água. A chuva é o agente ativo no processo erosivo e se mostra um fator climático importante, sendo, portanto fator de alto valor de ponderação na modelagem.

O relevo representa um aspecto fundamental na importância do entendimento e dimensionamento do processo erosivo. O fator topográfico é considerado um dos grandes responsáveis pelas perdas de solo, que representa o efeito combinado do comprimento e do grau de declive da encosta (Franzmaier, 1990). Contudo, devido aos baixos valores de declividade na área de estudo, tal indicador não obteve ponderação muito alta, apresentando assim médio valor de importância para a suscetibilidade à desertificação.

As características pedológicas se mostram importantes nos estudos erosivos, pois estas estão relacionadas com a capacidade de retenção hídrica do solo e o potencial de resistir ao destacamento e arraste das partículas pelo escoamento. O uso do solo, por sua vez, influencia o processo erosivo pelo seu manejo e tipo de ocupação. Tais características são responsáveis pelo aumento da suscetibilidade à erosão, portanto apresentaram ponderação elevada.

A erosão pode ser influenciada por processos naturais ou antrópicos. A erosão dos solos causa redução dos nutrientes do solo, ocasionando problemas econômicos e ambientais como: elevação dos custos na produção agrícola pela maior necessidade de corretivos, fertilizantes e menor eficiência dos equipamentos utilizados; poluição dos corpos hídricos e assoreamento dos canais de drenagem pelo acúmulo de produtos químicos e partículas do solo.

Nesse sentido, através da aplicação da modelagem da Análise Multicriterial, os índices de suscetibilidade foram classificados em: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta. A classe de Muito Baixa Suscetibilidade correspondeu a 4,7% (Figura 44) da área de estudo, estando localizadas em regiões de alta densidade florestal, sobretudo em áreas de relevos

residuais, ou áreas de brejos de exceção associados a cursos d'água. A Baixa Suscetibilidade ocupa 9,7% da área, apresenta as mesmas associações da classe anterior, acrescidas de menores densidades vegetacionais, com a presença do estrato arbóreo da caatinga (figura 44).

Resultados similares foram encontrados por Souza (2008), ao analisar o processo de desertificação no Cariri Paraibano. De acordo com o autor, as áreas mais elevadas da região que formam alguns dos maciços residuais do Planalto da Borborema (como a serra de Jabitacá, a sudoeste, e a serra de Carnoió, a sudeste), associadas a cursos fluviais intermitentes de tamanho reduzido e com várzeas pouco expressivas, apresentam-se como áreas Não Desertificadas. Nestas, a cobertura vegetal apresenta-se mais preservada e muito próxima das condições originais.

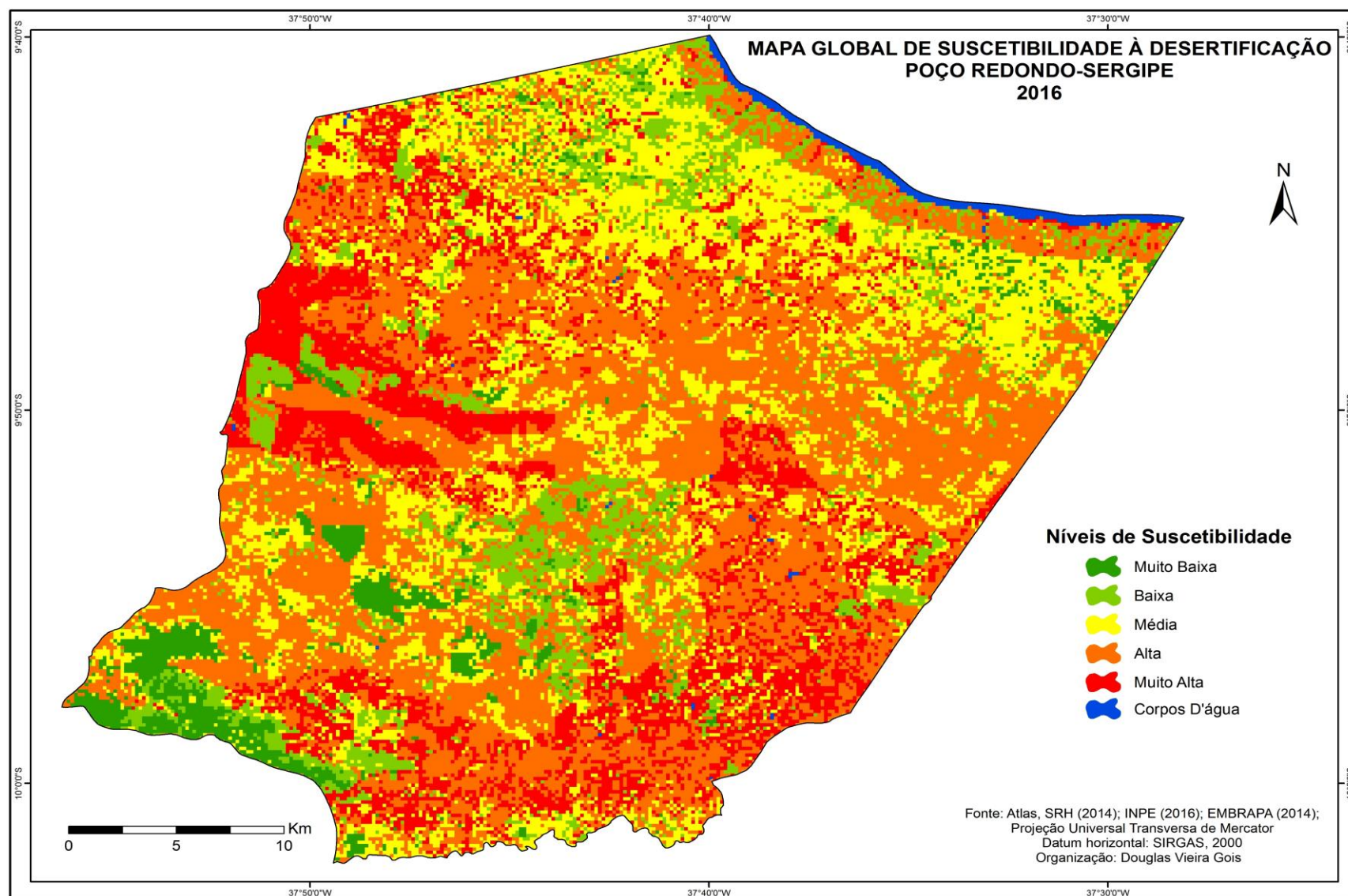


Figura 44- Mapa Global de Suscetibilidade à Desertificação no município de Poço Redondo, no ano de 2016.

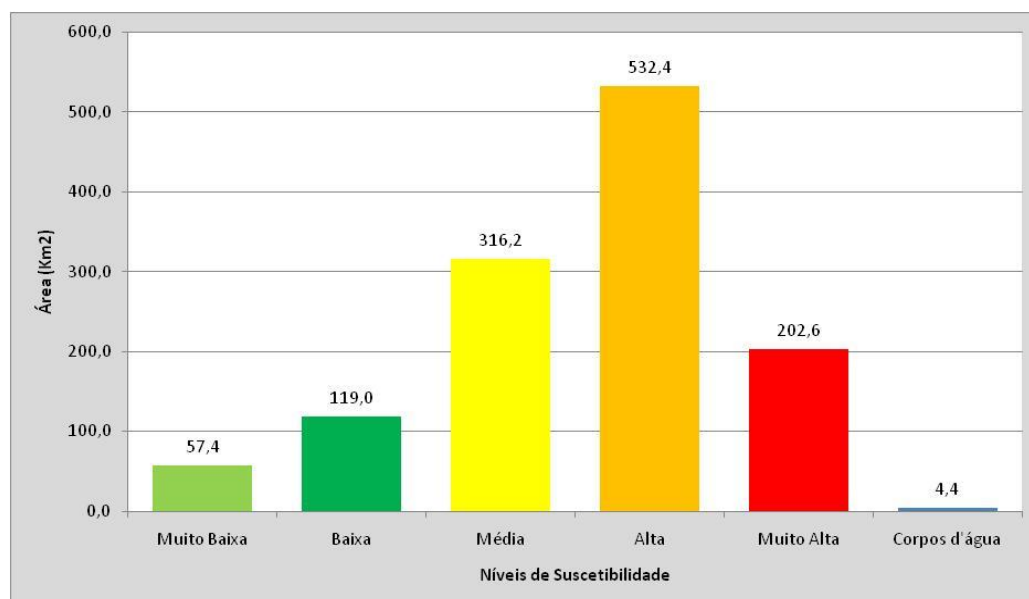


Figura 45- Área dos níveis de suscetibilidade à desertificação no município de Poço Redondo.

A Média Suscetibilidade corresponde a 316,2 km² ou 25,7%, esta classe está associada aos luvisolos que apresentam menor predisposição à atividade erosiva (quadro 7), além de estar localizada em ambientes planos, onde a associação entre precipitações e declividade do relevo é menos pronunciada.

Quadro 7- Correlação entre Classes de Suscetibilidade, solos e NDVI.

Classes de Suscetibilidade	Solos	NDVI
Muito Baixa	Luvissolos	0,3-0,6
Baixa	Luvissolos	0,1-0,2
Média	Planossolos	0,0005-0,1
Alta	Neossolos	0,0005-0,1
Muito Alta	Neossolos	0,0005-0,1

Na classe da Alta Suscetibilidade, existe uma forte correlação entre a vegetação rarefeita ou inexistente e os solos expostos e pastagens, que deixam o solo desprotegido da ação erosiva, aumentando assim a suscetibilidade à desertificação e ocupam 43,2% do território municipal. A Suscetibilidade Muito Alta, além dos fatores supracitados nas outras

classes, a mesma apresenta uma forte influência do tipo de solo e da ausência de sua cobertura vegetal, representa 16,4% da área do município (quadro 7).

A maior suscetibilidade ao processo de desertificação está localizada, sobretudo em espaços onde o modelado do relevo favorece a prática da agricultura. Áreas onde há uma maior escassez hídrica, associada a solos pouco desenvolvidos e com baixa densidade de cobertura vegetal também apresentam-se com alta suscetibilidade ao processo de degradação ambiental.

Em estudo similar, realizado no Cariri Paraibano, Souza (2008) destacou que as áreas com níveis de desertificação Grave e Muito Grave ocupam as áreas mais próximas do entorno dos principais rios da região (particularmente o Paraíba e o Taperoá) que, por razões geomorfológicas, hídricas e pedológicas, oferecem maiores facilidades para o uso agropecuário

Na figura 46 pode-se observar as áreas que apresentam alta e muito alta suscetibilidade à desertificação. Nessas áreas são preponderantes a vegetação rarefeita ou inexistente, além de práticas de manejo do solo inadequadas com a capacidade de resiliência do sistema ambiental, tais como queimadas.

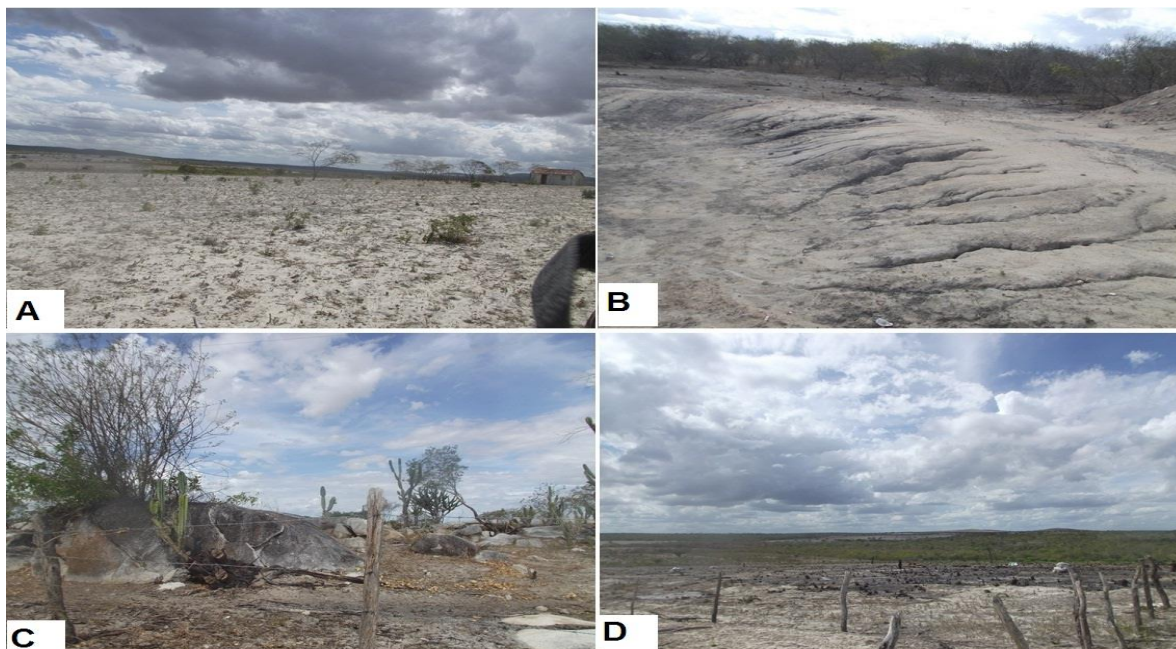


Figura 46- Mosaico representativo da relação entre os aspectos litológicos e fitogeográficos em área de Muito Alta suscetibilidade à desertificação no Município de Poço Redondo-SE, (foto A- Relevo do Pediplano com solo exposto; foto B- feições erosivas em forma de sulcos; foto C- área com presença de afloramentos rochosos, em forma de matacões; foto D- área de caatinga queimada).

Créditos: Douglas Vieira Gois, 2015.

Ademais, pode-se destacar que apesar dos índices de NDVI apresentarem aumento em classes de proteção do solo, como a vegetação arbustiva, a simples presença da mesma não denota menos susceptibilidade ao desencadeamento dos processos de desertificação, pois a periodicidade e dinâmica das áreas de cultivo temporário podem acelerar o processo de degradação, quando manejadas de forma incorreta. Deve-se salientar que os fâcies da vegetação da caatinga sergipana tem relação direta com a litologia e, por conseguinte, a classe dos solos e o clima, sendo a importante a análise conjuntiva de todos esses sistemas, a fim de avaliar os níveis de suscetibilidade à degradação/desertificação na área de estudo.

Podemos destacar que o processo de desertificação no município de Poço Redondo está associado ao processo de ocupação da região e do seu uso intensivo para a agropecuária. A degradação faz-se expressar principalmente através da degradação da vegetação, que resulta na destruição da vegetação de caatinga e na exposição dos solos aos processos intempéricos.

4 CONCLUSÕES

Nas paisagens da caatinga no município de Poço Redondo, destacam-se solos pouco profundos e rasos, incluindo Neossolos, Planossolos e Luvissolos, cuja distribuição geográfica é controlada principalmente pela natureza do substrato geológico. Nessa área, além das condições climáticas muito restritivas para atividades agrícolas, ainda há restrições relativas à presença marcante de rochosidade, riscos de erosão e riscos de salinização que já ocorre de forma natural.

Portanto, sendo o desmatamento o processo inicial que propicia o desencadeamento dos agentes da desertificação, pode-se destacar a susceptibilidade existente no município de Poço Redondo, devido à severidade climática, onde predominam de 7 a 8 meses secos, aliada as diversas práticas potencialmente impactantes que aceleram a suscetibilidade à desertificação, tendo como destaque o desmatamento da caatinga, que deixa o solo descoberto, abrindo assim caminho para a ação dos processos erosivos, com o surgimento de sulcos e ravinas gerando grande perda dos horizontes superficiais do solo.

Ademais, apesar da ação marcante da semiaridez e da sua atuação no processo de desertificação, as análises demonstram que a desertificação nessa região é resultante, sobretudo do intenso e inadequado uso do solo e consequente devastação da vegetação, que quando inexistente ou rarefeita, favorece a ação dos processos de degradação dos solos.

Os dados de uso de solo e NDVI corroboraram para análise evolutiva das áreas em processo de degradação, como também as áreas que apresentam regeneração. Assim, pode-se constatar que as classes de tais indicadores associadas a menor proteção aumentaram na área de estudo.

Os indicadores socioeconômicos apresentam expressiva correlação com os indicadores biofísicos de degradação, de modo que as condições socioeconômicas podem ser compreendidas como causa e também consequência do processo de degradação ambiental e sua suscetibilidade à desertificação. Assim, configura-se um quadro de vulnerabilidade social no município.

A modelagem multicriterial foi fundamental para a realização desse estudo detalhado sobre a suscetibilidade à desertificação, pois através das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, aliadas as atividades de campo foi possível estimar as principais causas

naturais e antropogênicas que aceleram a degradação do solo no município estudado, sendo estas representadas por níveis de suscetibilidade ao desencadeamento do processo.

A modelagem multicritério confirmou a vegetação como fator preponderante para a atenuação do processo de desertificação na área de estudo. Nesse sentido, verificou-se correlação espacial entre os níveis de precipitação, solos, topografia e a situação da cobertura vegetal com os níveis de suscetibilidade à desertificação.

A retirada da vegetação da caatinga, e sua consequente queimada faz parte dos impactos ambientais registrados na área de estudo. Tal prática prejudica os solos da área, tendo em vista a eliminação de microfauna do solo, e elementos químicos necessários para a plena fertilidade do mesmo. Além de retirar a matéria orgânica do solo, o desmatamento favorece a atividade dos processos erosivos, e a consequente perda de solo⁹, podendo tornar tais área improdutivas em poucos anos de uso, haja vista os horizontes de solo pouco desenvolvidos na região semiárida. Portanto, a erosão é considerada o principal fator de degradação do solo na área.

Na área de estudo as principais causas da desertificação são o desmatamento, o sobre-pastoreio, o sobre-cultivo e a salinização de áreas irrigadas, processos que tornaram a área mais suscetíveis à essa modalidade de degradação ambiental.

Assim, as derivações antropogênicas nas áreas de caatinga reduzem a resiliência dos sistemas ambientais, aumentando a degradação ambiental na área de estudo e, consequentemente a suscetibilidade á desertificação. A dinâmica climática com destaque para a irregularidade temporal das precipitações altera a dinâmica vegetacional e, por conseguinte, a suscetibilidade à desertificação.

Ademais, as políticas públicas de combate à desertificação, com destaque para as ações propostas pelo PAN-Brasil e outros instrumentos de planejamento, a exemplo do Plano de Ação Estadual (PAE-SE), apresentam problemas de operacionalidade, não sendo implantados como deveriam, caindo assim, em processos de descontinuidade. A discrepância entre o que foi planejado e o que realmente vem sendo implantado ainda é enorme.

Destarte, tendo em vista à fragilidade dos sistemas ambientais semiáridos e a intensidade das derivações antropogênicas nessa área, faz-se importante a aplicação de estudos dessa natureza, de modo a analisar de forma detalhada as causas da degradação, o

⁹As perdas de solo medidas em caatinga não perturbada são quase todas inferiores a 0,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. O desmatamento pode aumentar estas perdas para valores até 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Albuquerque et al. 2001).

nível de suscetibilidade de cada área e assim subsidiar de forma efetiva políticas públicas de enfrentamento desse processo degradacional no semiárido sergipano.

REFERÊNCIAS

AB' SÁBER, A. N. **O Domínio Morfo-climático Semi-Árido das Caatingas Brasileiras**. Geomorfologia. 43. São Paulo, IGEOG-USP, 1974.

_____. Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical. São Paulo, IGEOG-USP, **Coleção Geomorfologia**, 53. 1977, p.1- 19.

_____. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 3. ed. São Paulo: Ateliê Editorial. 2003.

ABRAHAM, E. M. & TORRES, L.M. Estado del arte en el uso de indicadores y puntos de referencia en la lucha contra la desertificacion y la sequia em America Latina y el Caribe. **Interciência**, Caracas, v. 32, no 12, p.827 -833, Dezembro, 2007.

AGUIAR NETTO, A. O.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, A.G. C ; ALMEIDA, C. A. P. **Água e ambiente no baixo São Francisco Sergipano**. In: Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas; Antenor de Oliveira Aguiar Netto. (Org.). **Águas do São Francisco**. 1ed.São Cristóvão: UFS, 2011, v. p. 15-32.

AGUIAR NETTO, A. O., MENDONCA FILHO, C. J. M., ROCHA, J.C.S. **Águas de Sergipe: reflexões sobre cenários e limitações** In: Meio Ambiente: distintos olhares. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2010, p. 39-70.

ALBUQUERQUE, A. W.; NETO, F. L.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 6, n. 1, p. 136-141, 2002.

ALHEIROS, M.M. **Avaliação Econômica de Perdas Ambientais na Análise de Riscos Geológicos**. In: III ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 1999, RECIFE. CD-ROM III ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA ECOLÓGICA. RECIFE, 1999. p. 1-14.

ANDRADE, K.S.; FEITOSA, P.H.C.; BARBOSA, M.P. Sensoriamento Remoto e Sig na identificação de áreas em processo de desertificação no município de Serra Branca-PB: estudo de caso. In: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, p. 4351-4356, 2007.

ANDRADE, M. B. Os Conflitos Socioambientais Presentes nos Assentamentos Rurais em Sergipe: o caso da Barra da Onça no município de Poço Redondo. **Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente**, v. 2, p. 21-29, 2014.

ANJOS, M. W. B. **Ambiente Urbano: Contrastes Térmicos e Higrométricos Espaciais em Aracaju-Sergipe (Brasil)**. 2012. 133f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território) - Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Instituto de Estudos Geográficos, Coimbra.

APOLINÁRIO, O. K. S. **Análise geoambiental e degradação no município de Cabaceiras-PB**. 109f. Dissertação (Mestrado em Geografia). João Pessoa, Paraíba, 2014.

AQUINO, C. M. S. **Estudo da degradação/desertificação no Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí**. Tese (Doutorado em Geografia) – Núcleo de Pós-Graduação em Geografia, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2010.

AQUINO, C. M. S.; ALMEIDA, O. J.G. B. Estudo da cobertura vegetal/uso da terra nos anos de 1987 e 2007 no núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato - Piauí. **Ra'e ga (UFPR)**, v. 25, p. 252-278, 2012.

ARAÚJO, G. H. S.; Almeida, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 10. ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand, 2013.322p.

ARAÚJO, H. M; BEZERRA, G. dos S.; SOUZA, A.C.; OLIVEIRA, A. M. Condicionantes naturais no contexto do sistema ambiental físico da região do São Francisco sergipano. **Revista Geografica de America Central**, v. 2, p. 1-15, 2011.

ARAÚJO, H.M; SOUZA, A. C.; BEZERRA, G. dos S.; SANTOS, N. D.; VILAR, J.W. **Potencialidades e Restrições de Uso dos Recursos Naturais no Curso Inferior da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe**. In: VI Seminário Latino Americano II Seminário Íbero Americano de Geografia Física, 2010, Coimbra. VI Seminário Latino Americano II Seminário Íbero-Americano de Geografia Física, 2010.

ARAÚJO, R. S. Classificação climatológica das nuvens precipitantes no nordeste brasileiro utilizando dados do radar a bordo do satélite TRMM. 2015. 126 p. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/07.07.18.04-TDI). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2015.

ARCHELA, R. S.; ARCHELA, E. Correntes da cartografia teórica e seus reflexos na pesquisa. **Geografia (Londrina)**, Londrina - PR, v. 11, n.2, p. 161-170, 2002.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 15. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 332p.

BAGNOULS, F.; GAUSSEN, H. **Saison sèche et indice xerothémique**. Toulouse: Faculté de Sciences de Toulouse, 1953.

BARRY, R. G.; CHORLEY, J. R. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 528p.

BASTOS, C.; FERREIRA, N. Análise climatológica da alta subtropical do atlântico sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Rio de Janeiro: SBMet, 2000. v. 11, p. 23–29.

BATISTA, W. R.M. **Balanco de radiação e evapotranspiração na bacia hidrográfica do Rio Jacaré-SE mediante imagens orbitais**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Núcleo de Pós-Graduação e Estudos em Recursos Naturais, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2009. - São Cristóvão, 2011.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico. **Caderno da Terra**, n, 13, p. 1-27, 1971.

BITAR, O.Y. **Guia Cartas geotécnicas: orientações básicas aos municípios**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015.

BRASIL-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. **Senso Populacional- 2010**. Rio de Janeiro. IBGE: 2010. –Disponível em:<www.ibge.gov.br>. Acessado em:15/11/2010.

BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca/PAN-Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos. 2004.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C. **Secas no Nordeste do Brasil: origens, causas e soluções**. In: Fourth Inter-American Dialogue on Water Management, 2001, Foz do Iguaçu. Anais do IV Diálogo Interamericano de. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001. v. 01.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 1996. 256p.

CAVALCANTI, I. F. d. A. **Um estudo sobre interações entre sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais**. 140 p. Dissertação (Mestrado) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1982-02-05 1982. Disponível em:<<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/08.24.13.44>>. Acesso em: 02 out. 2015.

CCD. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa: Instituto de Promoção Ambiental. 1995.

CEPAL. **Vulnerabilidad sociodemográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas**. Brasília: CEPAL/ ECLAC, 2002.38p.

CHAVES, R. R.; CAVALCANTI, I. F. A. Atmospheric circulation features associated with rainfall variability over southern northeast brazil. **Monthly Weather Review**, v. 129, n. 10, p. 2614–2626, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blücher.1979.

_____. Significância da Teoria de Sistemas em Geografia Física. **Bol. Geografia Teórica** 16-17 (31-34 e 119-128), Encontro de Geógrafos da América Latina, Rio Claro, 1986.

_____. **Concepções geográficas na análise do sistema ambiental**. In: II Encontro de Estudos Sobre o Meio Ambiente. Anais. Volume 3: Conferências e Painéis. Florianópolis-SC, 24 a 29/09/1989.

CODEVASF – Companhia do Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Baixo São Francisco Sergipano: Estudo **Interdisciplinar das subbacias hidrográficas**. Aracaju: CODEVASF. CD-ROM. 2001.

COHEN, J. C. P.; DIAS, M. A. S.; NOBRE, C. A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. **Climanálise**, v.4, n. 11, p. 34–40. 1989.

CONTI, J. B. **A desertificação como problema ambiental**. In: III Simpósio de Geografia Física Aplicada Nova Friburgo. 1989. p. 189-194.

_____. O Conceito de Desertificação. CLIMEP. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 3, p. 39-52, 2008.

_____. **Desertificação nos trópicos: proposta de metodologia de estudo aplicada ao nordeste brasileiro.** 1995 - Tese de Livre Docência - Departamento de Geografia, FFLCH, USP, São Paulo, 1995.

CORREA, A. C. B.; SOUZA, J.O.P.; CAVALCANTI, L. C. S. **Solos do ambiente semiárido brasileiro: erosão e degradação a partir de uma perspectiva geomorfológica.** In: Antonio José Teixeira Guerra; Maria do Carmo de Oliveira Jorge. (Org.). Degradação dos solos no Brasil. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Ltda., 2014, p. 127-169.

COSTA O. A; SANTOS, D.N. **Influência da ZCAS e ZCIT e seus efeitos de inundações nas bacias hidrográficas no estado de Sergipe – abril de 2010.** IV Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe. Aracaju, 2011.

COSTA, M. C. L. **Arranjo familiar e vulnerabilidade na RMF.** In: COSTA, Maria Clélia L.; DANTAS, Eustógio. W. C. (Org.). Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará - EUFC, 2009, v. 01, p. 139-164.

CPRM- Serviço Geológico do Brasil. Projeto Cadastro Da Infra-Estrutura Hídrica Do Nordeste. **DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE POÇO REDONDO.** Estado de Sergipe, 2002.

_____. Projeto Cadastro Da Infra-Estrutura Hídrica Do Nordeste. **DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE POÇO REDONDO.** Estado de Sergipe, 2002.

CUNHA, L.; DIMUCCIO, L. **Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição.** Exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra. Territorium, Coimbra, 9, 2002. p. 37-51.

CUNHA, T. J. F. ET, AL. **Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo.** In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Ed.). Semiárido Brasileiro. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, 2010. p. 49-87.

DATALUTA Sergipe – Banco de Dados da Luta pela Terra, 2011. LABERUR/NERA, 2013.

DINIZ, M. T. M. MEDEIROS, S. C. CUNHA, C. J. Sistemas atmosféricos atuantes e diversidade pluviométrica em Sergipe. **Boletim Goiano de Geografia (Online)**, v. 34, 2014 pg. 17-34.

DUQUE, G. **Solo e Água no Polígono das Secas.** 3ª ed. DNOCS: Fortaleza, 1953.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. **Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

FAO. **Natural resources and the human environment for food and agriculture.** Environment Paper. Nº1. Roma, 1980.

FARIFTEH, J.; Et.al. Quantitative analysis of salt-affected soil reflectance spectra: A comparison of two adaptive methods (PLSR and ANN). **Remote Sensing of Environment**, v.110, p.59-78, 2007.

FARIAS, J. F. **Zoneamento Geocológico com o subsídio para o planejamento Ambiental no âmbito Municipal**. 2012. 193 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

FAUGÈRES, Lucien. **La dimension des faits et la théorie du risque**. Le Risque et la Crise, Malta, Foundation for International Studies, 1990 a. p. 31-60.

FERREIRA, A. G. ; MELLO, N. G. S. . Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região. **Revista brasileira de climatologia**, v. 1, p. 15-26, 2005.

FERREIRA, D. G.; H. P. MELO; F. R. RODRIGUES NETO; P. J. S. NASCIMENTO & V. RODRIGUES. A desertificação no Nordeste do Brasil: Diagnostico e Perspectivas. In: **Conferência Nacional e Seminário Latino Americano da Desertificação**. Fortaleza, 1994.

FERREIRA, N. J.; CHAN, C. S.; SATYAMURTI, I. P. Análise dos distúrbios ondulatório de leste sobre o oceano atlântico equatorial sul. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Salvador, Bahia: [s.n.], 1990.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo, 3ª edição. Oficina de Textos, 2011.

FRANCA, V. L. A. (Org.); CRUZ, M. T. S. (Org.). **ATLAS ESCOLAR: ESPAÇO GEO-HISTÓRICO E CULTURAL**. 2. ed. JOÃO PESSOA: GRASET, 2013. v. 01. 199p.

FREIRE, N. C; PACHÊCO, A. P. Desertificação: Análise e Mapeamento. 1. ed. Recife: ED. Universitária da UFPE, 2011. v. 1. 93p.

FULLEN, M.A; CATT, J.A. Soil Management-problems and solutions. Oxford: Oxiford University Press. 2004.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano atlântico sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 1, p. 19–28, 1986.

GEO Brasil. **Recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. / Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007. 264 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GUERRA; BOTELHO, R. G. M. **Erosão dos solos**. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p.181-227.

GUERRA, A.J.T. Degradação dos Solos - Conceitos e Temas. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org.). Degradação dos Solos no Brasil. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014, v. 1, p. 15-50.

HAMILTON, R.; ARCHBOLD, J. Meteorology of nigeria and adjacent territory. **Quartely Journal Royal Meteorological Society**, v. 71, p. 231–262, 1945.

HERACLIO DO REGO, ANDRE. **Os sertões e os desertos: o combate à desertificação e a política externa brasileira**. 1. ed. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2012. v. 1. 204p

- IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de Pedologia**. 2ªed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.
- JACOMINE, P. K. T. **Solos sob Caatinga: características e uso agrícola**. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L E. F.; FONTES, M. P. F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: SBCS, 1996. p. 95.133.
- JACOMINI, P. T. K. **A NOVA CLASSIFICAÇÃO BRASILEIRA DE SOLOS**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, Recife, vols. 5 e 6, p.161-179, 2009.
- JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres. Tradução de J. C. N. Epiphânio. São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009. 598 p.
- KAYANO, M. T; ANDREOLI, R.V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: **Tempo e Clima no Brasil**. CAVALCANTI, I.F.A., et. al. (Orgs.). Oficina de Textos, São Paulo, p.211-233. 2009.
- KAZTMAN. **Notassobre la medición de la vulnerabilidad social**. México: BID-BIRFCEPAL, 2000 (Borrador para discusión. 5 Taller regional, la medición de la pobreza, métodos e aplicaciones). Disponível em :<<http://www.eclac.cl/deype/noticias/proyectos>>. Acessado em 19 de junho de 2012.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Fundo de Cultura Economica, 1948.
- KOUSKY, V. E. Diurnal rainfall variation in northeast Brazil. **Monthly Weather Review, United States of America.**, v. 108, n.4, p. 488–498, 1980.
- LATORRE, M. L.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; CARVALHO, A. P. F. ; SHIMABUKURO, Y. E . Correção atmosférica: conceitos e fundamentos. **Espaço e Geografia** (UnB), Brasília (DF), v. 5, n.1, p. 153-178, 2002.
- LEAL, I. R. (Org.); TABARELLI, M. (Org.) ; SILVA, J. M. C. (Org.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora da Universidade Federal de Pernambuco, 2003. v. 1. 815p.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2ªed. São Paulo, Oficina de Textos, 2010.
- LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**, Instituto de Geografia (USP), São Paulo, n. 1, 1971, p. 1-14.
- LIMA, M. D. V.; RONCAGLIO, C. Degradação socioambiental urbana, políticas públicas e cidadania. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 3, p. 53-63, jan./jun. 2001.
- LOMBARDO, M. A.; CARVALHO, V. **Análise preliminar das potencialidades das imagens Landsat para estudo de desertificação**. São José dos Campos: INPE, 1979.
- MACEDO, H.S. **A evolução do relevo em áreas semi-áridas: um estudo de caso na mesorregião do sertão sergipano**. In: XXIV SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE. ANAIS, ARACAJU 2011.
- MADDOX, R. A. Mesoscale convective complexes. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 61, n. 11, p. 1374–1387, 1980.

- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 5. Ed. 4. São Paulo: Atlas, 2010.
- MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. – Brasília: UNESCO, 2001. 80p.
- MATEO, J.; SILVA, E. V.; CABO, A. R. O Planejamento Ambiental como instrumento na incorporação da sustentabilidade no processo de desenvolvimento: o caso do Ceará, Brasil. **Mercator (Fortaleza. Online)**, v. 3, p. 67-72, 2004.
- MENDONÇA, F. A. **A Desertificação No Noroeste do Estado do Paraná**. In: Encontro de Geografos de America Latina, 1993. Merida - Venezuela. p. 1-12.
- MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. 1. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007. v. 1. 208p.
- MENDONÇA, J. F. B. **Solo: substrato da vida**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 156 p.
- MIRANDA, C.E. **Filofia y medio ambiente**. Uma aproximación teórica. México. D.F. Ediciones Tller Abierto, 1997.190p.
- MOLION, L. C. B. BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro (RJ), v. 17, n.1, p. 1-10, 2002.
- MONTEIRO, C. A. F. Sobre um índice de participação das massas de ar e sua aplicabilidade à classificação climática. **Revista Geográfica da Comissão de Geografia do IPGH**, 1964.
- _____. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo. **Climatologia** nº 01, p. 01-21, 1971.
- _____. **Derivações Antropogênicas dos Geossistemas Terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema de elaboração de modelos de avaliação**. ACIESP, 1978. p. 43-74.
- _____. **On the Desertification in the Northeast Brazil and Man's Role in this Process. Latin American**. Studies nº 9, Ibaraki, Japan: The University ofTsukuba, 1988.
- _____. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo, Contexto, 2000.
- _____. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2001.131p.
- MORIN, E. **Notas para um “Emílio” contemporâneo**. In: VEGA, A.P.; ALMEIDA, C.R.S.; PETRAGLIA, I. (Org). Edgar Morin: ética, cultura e educação. São Paulo: Cortez, 2001. p.149-155.
- MORIN, E. **Introdução ao Pensamento Complexo**. Porto Alegre: Sulina. 2005.
- MOURA, M. E; SANTOS, M.E dos; JESUS, T. S. de; MELO & SOUZA, R. **Desenvolvimento de Indicadores de Sustentabilidade Urbano-Regional**. In: X EGAL, 2005, SÃO PAULO. ANAIS DO X EGAL. SÃO PAULO : ANPEGE/AGB/USP, 2005. v. CD-ROM. p. 9981-9989.

MUNHOZ, D. **Alfabetização ecológica de indivíduos e empresas do século XXI**. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Identidades da educação ambiental brasileira*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.p.141-155.

MARQUES NETO, R. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. **Geografia (Londrina)**, v. 17, p. 67-88, 2008.

NASCIMENTO, F. R. **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste Brasileiro: o contexto da Bacia Hidrográfica do rio Acaraú – CE**. (Tese de doutoramento em Geografia). UFF: RJ, 2006. 370p.

NERY, J. T.; CARFAN, A. C. **Glossário de termos Técnicos em Meteorologia e Climatologia**. 1. ed. Jundiaí, SP: Paco Editorial, 2013. 416p .

NIMER, E. **Subsídio ao Plano de Ação Mundial para Combater a Desertificação - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA)**. In: *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro: IBGE, 42(3), 1980.

NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal**. 2002. 260 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2002.

NOGUEIRA DE SOUZA, G. B. **Degradação ambiental e ocupação do solo na várzea do rio Ouricuri, Capanema (PA)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, Rio e Janeiro. 2003. p.1-12.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações** - Edgard Blucher. São Paulo 4 ed, 2010. p.387.

NUNES, E. P. **Manual Técnico de Geomorfologia**. IBGE, Rio de Janeiro, 2009. 175 p.

OLIVEIRA, L. B. Et, al. Interferências pedológicas aplicadas ao perímetro irrigado de Custódia, PE. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.1477-1486, 2002.

OLIVEIRA, A.C.A.; MELO E SOUZA, R. Contribuições do Método Geossistêmico aos Estudos Integrados da Paisagem. **Geoambiente On-line**, v. 1, p. 157-175, 2012.

OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D.; SILVA, I. F.; SILVA, M. L. Tolerância de perda de solo por erosão para o Estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 8, n. 2, p. 60-71, 2008.

OLIVEIRA, T. A.; RIEDEL, P. S. Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica Aplicados à Organização de Atividades Envolvidas na Compartimentação de Terrenos. **Revista Geonorte**, v. 1, p. 69-77, 2012.

OLMEDO, E.J.M.; VALDERAS, V.; MATEOS DE CABO.R. **La economia em El marco de La ciência compleja. Encuentros multidisciplinares**. Fundación General de La Universidad Autónoma de Madrid, VVI, n12, 2004, p.56-61.

PACHECO, A. P.; FREIRE, N.C.F; BORGES, U.N. **A degradação ambiental em Xingo: uma visão sinótica numa perspectiva espectro-temporal**. In: **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. Florianópolis, p. 1 – 9, out. 2005.

PAIM, G. F.; OLIVEIRA, F. F. **Análise multicritério para construção de Cenários de Risco à desertificação: Qual a Relação destes Ambientes com a Diversidade de abelhas?**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba.. Anais ... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 3135-3141.

PEREIRA, K. F. **Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica da Represa Laranja Doce – Martinópolis (SP)**. 108f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2012.

PERES FILHO, A. **Estudo revela efeitos do uso inadequado dos solos**. Jornal da UNICAMP, ed. 226, 2003. Disponível para acesso no site:
<http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/agosto2003/ju226pg11.html>

PFALTZGRAFF, P. A. D. S. **Mapa de suscetibilidade a deslizamentos na região metropolitana do Recife**. Tese (Doutorado em Geologia) - CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Recife - PB. 2007.

PINTO, J. E. S. S.; AGUIAR NETTO, A.O. **Clima, Geografia e Agrometeorologia: uma abordagem interdisciplinar**. 01. ed. São Cristóvão-Se: EDITORA-UFS, 2008. v.01. 221p.

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S. Geossistema territorio e paisagem - método de estudo da paisagem rural sob a ótica bertrandiana. **Geografia (Londrina)**, v. 18 n.1, p. 05-31, 2009.

PONZONI, F. J. **Comportamento Espectral da Vegetação**. In: MENESSES, P. R., NETTO, J. S. M. (org) Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, 2001.

KOUSKY, V. E. Diurnal rainfall variation in northeast brazil. **Monthly Weather Review, United States of America.**, v. 108, n.4, p. 488–498, 1980.

RAMOS FILHO, E.S. Ação do Estado na inserção do agrodiesel em Sergipe: resistência e subordinação no Assentamento Jacaré-Curituba. **Geonordeste (UFS)**, v. 1, p. 1-34, 2013.

REBELO, F. **Riscos Naturais. Problemática da sua definição e adaptação aos principais elementos da teoria do risco**. Análise e Gestão de Riscos, Segurança e Fiabilidade. C. Guedes Soares, A. P. Teixeira e P. Antão (Eds.). Lisboa, Edições Salamandra, vol. I, 2005 a. p. 301-315.

_____. **Riscos Naturais e Acção Antrópica**. Estudos e Reflexões. Coimbra, Imprensa da Universidade, 2003. 286 p.

REBELO, F. Um novo olhar sobre os riscos? O exemplo das cheias rápidas (flash floods) em domínio mediterrâneo. **Territorium**, 15, 2008. p. 7-14.

RÊGO, S. C. A.; LIMA, P. P. S.; LIMA, M. N. S; MONTEIRO, T.R.R.; SOUZA, B. I. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI E SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB. **Revista GeoNorte**, v. 1, p. 1217-1229, 2012.

ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria, RS. Imprensa Universitária. 1997.423p.

RODRIGUES, V. **Pesquisa dos Estudos e Dados Existentes sobre Desertificação no Brasil. Plano Nacional de Combate à Desertificação.** Brasília: MMA. Projeto BRA 93/03611997. 1995.

RODRIGUEZ, J. M. M. Análise e síntese da abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia da FFLCH/USP.** São Paulo, v. 9. 1994.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A Classificação das Paisagens a partir de uma Visão Geossistêmica. **Mercator**, Fortaleza, v. 1, n.1, p. 95-112, 2002.

RODRIGUEZ, J. M. M. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Edições UFC, Fortaleza: 2010, 222p.

RODRIGUEZ, J. M. M., SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental:** Subsídios da Geocologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. 1a. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2013. v. 1. 370p.

RODRIGUEZ, J. M. M., SILVA, E.V., CAVALCANT, A.P.B., **Geocologia das Paisagens:** Uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, Ceará, 2013, 222p.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation of natural vegetation.** Greenbelt: National Aeronautics and Space Administration, 1974, 371 p.

ROXO, M. J. **O panorama mundial da desertificação.** MOREIRA, E. (Org.). Agricultura familiar e Desertificação. João Pessoa: Ed. Universitária da UFPB, 2006.p. 11-32.

SAITO, S. **Estudo analítico da suscetibilidade a escorregamento e queda de bloco no Maciço Central de Florianópolis-SC.** Florianópolis. 132 p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SALES, M. C. L. **Estudo da degradação ambiental em Gilbués – PI.** Reavaliando o “núcleo de desertificação”. 1998. Dissertação (Mestrado em Geografia) - USP/FFLCH, São Paulo, 1998.

SANTOS, S. J. S. **Salinização do Solo: problemática Socioambiental do perímetro irrigado.** 2015. 147 f. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão de 2015.

SANTANA, D. P. ; SANS, L. M. A. **Classes de solo e irrigação.** In: Embrapa Informação Tecnológica. (Org.). Uso e manejo de irrigação (Ed.). Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v. 1, p. 15-68.

SANTANA, J. L. S. de; AGUIAR NETTO, A. O. ; MELLO JUNIOR, A. V. **Impacto da precipitação e de vazão máximas em obras de infra-estrutura em uma sub-bacia do semi-árido de Sergipe.** In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007. p. 1-15.

SANTANA, J. L. S. **Precipitação e Vazão na Sub-Bacia Hidrográfica do Riacho Jacaré (Poço Redondo-Se), Baixo São Francisco Sergipano**. 2006, 125p. Dissertação (Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo Climático e a gênese das chuvas na Zona Costeira Paulista**. (Dissertação de Mestrado). São Paulo: FFLCH/USP- Programa de Pós-Graduação em Geografia, 1990. 168p.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia (online)**, v. 8, p. 45-60, 2011.

SANTOS, G.J. **Agricultura irrigada, meio ambiente e intervenções públicas no território do alto sertão sergipano**. 2011. 270 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Núcleo de Pós-Graduação em Geografia, Pró-Reitoria de Pós- Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 2011.

SANTOS, M. C. F; AMORIN, R. R.; OLIVEIRA, R. C. **A Geoecologia da Paisagem como Subsídio ao Zoneamento Geoambiental: o caso do litoral sul de Ilhéus-Bahia**. In: 12 Encontro de Geógrafos de America Latina, 2009, Montevideo. Anais, 2009. p. 16-31.

SANTOS, R. A, org. et al. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe. Escala 1:250.000. **Texto explicativo do Mapa geológico do Estado de Sergipe**. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT; CODISE, 2001. 156 p.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SANTOS. M. (org). **Novos rumos da Geografia brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1996.

SARTORI, R. C. **O pensamento ambiental sistêmico: uma análise da comunicação científica da ESALQ/USP**. 2005. 109 f. Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

SEPLANTEC (Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia). **Enciclopédia dos Municípios Sergipanos**. Aracaju: Governo de Sergipe. 2014.

SERGIPE. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Sergipe-PERH-SE**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos - PROÁGUA Nacional, v1, 2013.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Programa de Ação Estadual de Sergipe para o Combate à Desertificação e Mitigação aos Efeitos da Seca – PAE –SE/SEMARH**: Aracaju/Se, 2011.

ROMKENS, M. J. M., S. N. PRASAD & J.W. A POESEN. Soil Erodibility naProperties. In: **AnalsoftheVIII CONGRESSoftheISSS**,Hamburg,p.492–503,out.1987.

SILVA DIAS, M. A. F. Sistemas de mesoescala e previsão de tempo à curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, p. 133–150., 1987.

SILVA, E. V. ; RODRIGUEZ, J. M. M. Geoecologia da Paisagem: zoneamento e gestão ambiental em ambientes úmidos e subúmidos. **Revista Geográfica de America Central (online)**, v. 2, p. 1-12, 2011.

_____. Planejamento e Zoneamento de Bacias Hidrográficas: a geoecologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. Especial, p. 4-17, 2014.

SILVA, R. R.; GANDU, A. W.; SILVA FILHO, V. P.; KLEIN, M.; GOMES FILHO, M. F.; BRANCO, M. A. C. Estudo numérico da influência da topografia na formação de sistemas convectivos no sul do ceará. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO E IBERICO DE METEOROLOGIA. **Anais do Congresso Latino-Americano e Iberico de Meteorologia e Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Rio de Janeiro (RJ): Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994. v. 2, n. 3, p. 529–531.

SILVEIRA, C. da S.; COUTINHO, M. M.; COSTA, A. A.; MARIA, P. H. S. de. Previsão de tempo por conjuntos para a região nordeste do brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia.**, v. 29, n. 3, 2014.

SOBRINHO, V. **Panorama da desertificação no Estado do Piauí**. Secretaria de Estado de Recursos Hídricos do Estado do Piauí. Relatório de consultoria. Teresina, Piauí, novembro de 2005.

SORRE, M. Object and metodof climatology. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 18, p. 89-94, 2006.

SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; MORAIS NETO, J.M.; FERNANDES, M.F. Estudo do processo de desertificação e das vulnerabilidades do município de Cabaceiras – Paraíba. **Engenharia Ambiental**, Espirito Santo do Pinhal, v. 4, no 1, p. 89-102, 2007.

SOUZA, B. I. **Cariri paraibano: do silêncio do lugar à desertificação**. 2008. 198 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia –Doutorado, UFRGS, Porto Alegre (RS).

_____. Uso da vegetação e solos em áreas susceptíveis à desertificação na Paraíba/Brasil. **GEOgraphia (UFF)**, v. 13, p. 77-105, 2012.

SOUZA, B. I. ; SUERTEGARAY, D. M. A. ; Lima, E.R.V . Evolução da desertificação no Cariri Paraibano a partir da análise das modificações na vegetação. **Geografia (Rio Claro. Impresso)**, v. 36, p. 193-208, 2011.

STIPP, M. E. F. **A ocupação do solo e a problemática da arenização e voçorocamento no município de Paranavaí**, 2006. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Deserto Grande do Sul: Controvérsia**. Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS, 1992

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, n. 38, 1948, p. 55-94.

TEINKE, E. T. **Climatologia Fácil**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. v. 1. 144p.

TROPMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 5. ed. Rio Claro: Divisa- Gráfica Editora, 2002. v. 500. 197p .

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Metodologia para Identificação de Processos de Desertificação: Manual de Indicadores**. In: Encontro dos Órgãos de Preservação e Controle Ambiental do Nordeste: anais. Recife: Sudene, 1978.

_____. **Processos de Desertificação no Nordeste**. Sudene: Recife, 1983.

VERDUM, R. ; QUEVEDO, D. ; ZANINI, L. ; CÂNDIDO, L. Desertificação: questionando as bases conceituais, escalas de análise e consequências. **GEOgraphia** (UFF), Niterói, v. 3, n.6, p. 119-132, 2002.

VIEIRA, L. V. L. ; SILVEIRA, G. N. **Áreas suscetíveis a desertificação em Sergipe: reflexos sócio-ambientais no município de Poço Redondo/SE**. In: XII ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 2009. Montevideo. Anais do 12º Encuentro de geógrafos de américa latina. Imprensa Gega, 2009. p.1-21.

VIRJI, H.; KOUSKY, E. V. Regional and global aspects of a low latitude frontal penetration in amazonas and associated tropical activity. In: AMERICAN METEOROLOGY SOCIETY. **Preprints First Internacional Conference on Southern Hemisphere Meteorology**. Boston U.S.A.: American Meteorology Society, 1983. v. 1, n. 1, p. 215–220.

VITTE, A. C. O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE PAISAGEM E A SUA INSERÇÃO NA GEOGRAFIA FÍSICA Mercator (UFC), v. 6, p. 71-78, 2007.

ZÊZERE, J. L. et al. **Spatial and temporal data management for the probabilistic landslide hazard assessment considering landslide typology**. In: LACERDA, W. A.; EHRLICH, M.; FONTOURA, S. A. B.; SAYÃO, A. S. F. (Ed). **Landslides: evaluation & stabilization**. Londres: Taylor & Francis Group, 2004. p. 117-123.

ZUQUETE, L.V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamento e guia para elaboração**. 1993. 2v. 368f. Tese (Livre-docência em Geotecnia)- Escola de Engenharia da Universidade de São Carlos, São Carlos, 1993.